

ISSN 2312-6701 (online)

СОВРЕМЕННОЕ САДОВОДСТВО – CONTEMPORARY HORTICULTURE

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

2025, № 2



АКАДЕМИК КАЗАКОВ (*Malus domestica* Borkh.)

Савельев Н.И., Земисов А.С., Савельева Н.Н., Савельева И.Н., Юшков А.Н.

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,
агрохимии, 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
BAK, 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

ВАК – К2
Белый список – УБС 3

**ПЛАТА ЗА ПУБЛИКАЦИЮ НЕ
ВЗИМАЕТСЯ**

СОВРЕМЕННОЕ САДОВОДСТВО – CONTEMPORARY HORTICULTURE

2025, № 2

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)

С 2025 года входит в Белый список – УБС 3

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

РЕДКОЛЛЕГИЯ

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

Галашева Анна Мионовна, 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

Мясищева Нина Викторовна, д.с.-х.н., ФГБОУ ВО «Росбиотех»

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

Ноздрачева 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

Потанин Дмитрий Валериевич, д.с.-х.н., ФГАОУ ВО КФУ имени В.И. Вернадского

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 & PUBLISHER:

Russian Research Institute of Fruit
Crop Breeding (VNIISPK)

**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

VNIISPK, 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**

© VNIISPK, 2025

СОВРЕМЕННОЕ САДОВОДСТВО – CONTEMPORARY HORTICULTURE**2025, Issue 2**

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)

It has been on the White List since 2025 – Q3

CHIEF EDITOR

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

DEPUTY CHIEF EDITOR

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

EDITORIAL BOARD

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

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

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

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

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

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

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

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

Dmitry V. Potanin, Dr. Agr. Sci., V.I. Vernadsky Crimean Federal University

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 A. Gryuner, Cand. Agr. Sci., Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK)

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

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

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

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

Nina V. Myasishcheva, Dr. Agr. Sci., Rosbiotech

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА

ГЕНЕТИКА, СЕЛЕКЦИЯ, СОРТОИЗУЧЕНИЕ

Юшков А.Н., Савельева Н.Н., Земисов А.С., Чивилев В.В., Богданов Р.Е., Борzych Н.В. От наследия к будущему: научная школа академика Н.И. Савельева по генетике и селекции плодовых культур 6-15

Ожерельева З.Е., Болгова А.О. Особенности физиолого-биохимических процессов устойчивости сортов сливы разного генетического происхождения к раннезимним морозам 16-30

ДЕКОРАТИВНОЕ САДОВОДСТВО

Юшков А.Н., Борzych Н.В. Оценка устойчивости сортов и форм декоративной яблони к загрязнению воздуха 31-40

Реут А.А. Итоги сортоизучения пионов селекции Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН 41-53

Масалова Л.И., Емельянова О.Ю. Оценка степени устойчивости растений рода *Mahonia* к повреждающим климатическим факторам зимнего периода на цветение 54-64

CONTENTS

GENETICS, BREEDING, STUDY OF VARIETIES

Yushkov A.N., Saveleva N.N., Zemisov A.S., Chivilev V.V., Bogdanov R.E., Borzykh N.V. From heritage to the future: Academician N.I. Savelyev's scientific school on genetics and breeding of fruit crops 6-15

Ozherelieva Z.E., Bolgova A.O. Features of physiological and biochemical processes of resistance to early winter frost in plum cultivars of different genetic origin 16-30

ORNAMENTAL HORTICULTURE

Yushkov A.N., Borzykh N.V. The assessment of ornamental apple cultivars and forms resistance to air pollution 31-40

Reut A.A. Results of the varietal study of peonies bred by South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Center of Russian Academy of Sciences 41-53

Masalova L.I., Emelyanova O.Yu. Assessment of the resistance of Mahonia plants to damaging climatic factors during the winter period 54-64

УДК 634.11: 631.52

От наследия к будущему: научная школа академика Н.И. Савельева по генетике и селекции плодовых культур

А.Н. Юшков¹ , Н.Н. Савельева¹, А.С. Земисов¹, В.В. Чивилев¹, Р.Е. Богданов¹, Н.В. Борзых¹

¹ФГБНУ Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина, 393770 ул. ЦГЛ, г. Мичуринск, Россия, info@fnc-mich.ru

Аннотация

Академик Николай Иванович Савельев – выдающийся учёный в области генетики и селекции плодовых и ягодных культур, чьи работы значительно повлияли на развитие отечественного садоводства. Его научная деятельность была направлена на применение генетических методов для улучшения качества, продуктивности и устойчивости плодовых культур к болезням и неблагоприятным климатическим условиям. Под его руководством создана уникальная генетическая коллекция, включающая более 5000 генотипов, а также выведены десятки новых сортов яблони, груши, черешни, рябины и других культур, многие из которых включены в Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию (далее Госреестр). Особое внимание учёный уделял сохранению биоразнообразия, созданию устойчивых к стрессорным воздействиям сортов и повышению эффективности селекционного процесса. Его работы позволили выделить более 200 гендоноров ценных признаков, что значительно ускорило создание новых форм с улучшенными характеристиками. Научное наследие Н.И. Савельева продолжает развиваться его учениками и последователями. Созданные им сорта, широко используются в промышленном и любительском садоводстве. Его методы и подходы легли в основу современных программ по выведению сортов, адаптированных к изменяющемуся климату и требованиям рынка. Труды Николая Ивановича Савельева не только укрепили позиции отечественной селекционной науки, но и открыли новые перспективы для развития садоводства в России, обеспечивая его устойчивость и конкурентоспособность на мировом уровне.

Ключевые слова: Савельев Н.И., селекция, генетика, сорта, генофонд, яблоня, груша, черешня

From heritage to the future: academician N.I. Savelyev's scientific school on genetics and breeding of fruit crops

A.N. Yushkov¹ , N.N. Savelyeva¹, A.S. Zemisov¹, V.V. Chivilev¹, R.E. Bogdanov¹, N.V. Borzykh¹

¹I.V. Michurin Federal Scientific Center, 393770 CGL, St., Michurinsk, Russia, info@fnc-mich.ru

Abstract

Academician Nikolai Savelyev was a prominent scientist in the field of genetics and breeding of fruit and berry crops, whose work significantly influenced the development of domestic horticulture. His scientific activity focused on applying genetic methods to improve the quality, productivity, and disease resistance of fruit crops under unfavorable climatic conditions. Under his leadership, a unique genetic collection was created, including over 5,000 genotypes. Dozens of new cultivars of apple, pear, cherry, rowanberry, and other cultures have been bred; many are included in the State Register of Breeding Achievements. The scientist paid special attention to preserving biodiversity by creating stress-resistant cultivars and enhancing the efficiency of the breeding process. His work

allowed for identifying more than 200 donors with valuable traits that significantly accelerated creating new cultivars with improved characteristics. Nikolai Saveliev's scientific legacy continues to be developed by his students and followers. The cultivars he developed are widely used in industrial and amateur gardening. His methods form the basis for modern programs aimed at developing climate-adapted cultivars that meet market demands. The works by Nikolai Ivanovich Saveliev not only strengthened Russia's position in breeding science but also opened new perspectives for horticulture development in Russia. This ensures its sustainability and competitiveness on a global scale.

Key words: Saveliev N.I., breeding, genetics, cultivars, gene pool, apple, pear, sweet cherry



Академик Савельев Н.И. в рабочем кабинете
(фото из архива ВНИИГиСПР имени И.В.
Мичурина)

Академик Савельев – выдающийся учёный в области генетики и селекции плодовых и ягодных культур, который в своей научной деятельности сосредоточился на применении теории генетики для улучшения качества и продуктивности растений. Его труды не только внесли значительный вклад в науку, но и нашли широкое практическое применение в промышленном и любительском плодоводстве. Благодаря его огромной кропотливой работе увидели свет и получили распространение новые высокопродуктивные сорта, устойчивые к болезням и неблагоприятным погодным условиям, что позволило повысить эффективность выращивания плодовых культур и сделать садоводство более стабильным и надёжным.

Исследования Н.И. Савельева всегда были тесно связаны с решением ключевых практических задач, стоящих перед селекцией плодовых культур. Это, прежде всего, повышение продуктивности и стрессоустойчивости растений, улучшение вкусовых качеств и биохимического состава плодов, увеличение продолжительности их хранения. Всё это

достигалось через глубокое понимание генетических механизмов, которые лежат в основе формирования основных селектируемых признаков.

Учёный был одним из первых, кто начал активно использовать достижения молекулярной генетики для изучения проблем наследования признаков, таких как форма кроны, лёжка плодов, устойчивость растений к болезням. В его работах большое внимание уделяется развитию теоретических основ селекции, базирующихся на генетических закономерностях и геномных технологиях. Это открыло новые горизонты в создании устойчивых и высокоурожайных сортов.

В своей работе Н.И. Савельев широко использовал принцип И.В. Мичурина, считавшего, что успешное решение задач по созданию новых сортов плодовых культур во многом определяется наличием разнообразного исходного материала. Особое внимание исследователя было направлено на формирование и рациональную эксплуатацию генетической коллекции, решение приоритетных проблем сохранения и мобилизации генетических ресурсов. Благодаря неустанной работе Николая Ивановича, генетическая коллекция института, сохраняемая в полевых условиях, достигла впечатляющего объема – более 5 тысяч генотипов. Эта уникальная коллекция включает в себя формы с идентифицированными генами и источниками высокой устойчивости к различным стрессорам, а также сорта с повышенной скороплодностью и продуктивностью. В неё входят высокоадаптивные сорта народной селекции, дикорастущие формы растений и синтетические межвидовые гибриды (например, яблоня × груша или черемуха × вишня). Кроме того, коллекция содержит специальный генетический материал: спонтанные мутанты яблони и груши, а также авто- и аллополиплоиды.

Под руководством академика была создана обширная коллекция диких видов яблони – более 100 форм – что является значительным достижением в области сохранения биоразнообразия. Также была собрана уникальная коллекция фундука, генетическое разнообразие которой представлено 8 видами и 140 формами отечественной и зарубежной селекции – единственная в своем роде для Центрально-Чернозёмного региона. Этот вклад существенно расширил возможности селекционной работы по выведению новых сортов плодовых культур с улучшенными характеристиками.

Понимая большую трудоемкость и затратность поддержания генколлекций методом *ex situ*, он инициировал поиск альтернативных способов хранения генресурсов плодовых растений. Комплексные исследования, проведённые во ВНИИГиСПР им. И.В. Мичурина совместно с ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, позволили разработать методы криогенного хранения образцов яблони и груши. В результате были достигнуты положительные результаты в сохранении жизнеспособности черенков и почек этих культур при использовании жидкого азота. Приживаемость привитых черенков различных сортов яблони достигала 83,0%, груши – 86,7%. Помимо глубокого замораживания тканей, меристем, почек плодовых культур результативной была и работа по криоконсервации пыльцы (Вержук и др., 2014).

Благодаря многолетней работе выдающегося селекционера и его научной школы были изучены генотипические особенности ключевых селекционных признаков, выявлены закономерности их наследования, механизмы взаимодействия генов, а также определена генотипическая структура и комбинационная способность родительских форм яблони, груши, вишни, черешни, абрикоса, фундука. На основе этих исследований сформирован уникальный гибридный фонд, включающий более 70 000 генотипов, и выделено свыше 200 гендоноров, обладающих ценными признаками. Это позволило повысить эффективность отбора перспективных генотипов на 20...50%, что нашло широкое применение в современной селекционной практике (Акимов и др., 2018).

Н.И. Савельев сыграл значительную роль в интеграции современных генетических методов в селекционную работу, создав уже в 2010 году одну из первых лабораторий маркер-опосредованной селекции в России, специализирующихся на пловодстве. Этот шаг стал важным этапом в повышении эффективности селекционных процессов. Использование современных молекулярных инструментов открыло новые перспективы для повышения эффективности использования генетических коллекций. Совместная работа с Институтом общей генетики им. Н.И. Вавилова по анализу сортов яблони и груши с помощью молекулярных маркеров помогла оценить генетическое разнообразие и ускорить подбор

исходного материала. Значительные успехи были достигнуты при применении ДНК-технологий и молекулярных маркеров в селекции яблони на устойчивость к парше. Это позволило выделить гендоноры с доминантным генотипом по гену устойчивости к парше, что обеспечило возможность отбора до 100% устойчивых потомков (Шамшин и др., 2011). Кроме того, использование ДНК-маркеров способствовало выявлению генотипов с пониженным уровнем синтеза этилена и экспансина в плодах, являющимися донорами лёжкости и твёрдой мякоти плодов (Савельев и др., 2014).

Результатом неустанного и многолетнего труда учёного стало получение 33 патентов и авторских свидетельств на инновационные методы селекции и новые сорта растений. Он опубликовал более 520 научных работ, включая четыре монографии, двадцать две книги, а также пятнадцать методических рекомендаций и учебных пособий для студентов вузов. Будучи признанным во всём мире экспертом в своей области, Николай Иванович активно участвовал в международном обмене опытом с коллегами из Индии, Японии, Италии и Белоруссии. Учёный тесно сотрудничал с местными СМИ, опубликовав более пятидесяти статей на различные темы в региональных газетах. Особое внимание он уделял популяризации достижений Ивана Владимировича Мичурина и его последователей.

В настоящее время в Госреестр включён 41 сорт академика Н.И. Савельева: 24 – яблони, 9 – груши, 5 – черешни, 2 – рябины, 1 – фундука. На основе выделенных источников и доноров ключевых селекционных признаков, с привлечением в программы скрещивания генетического материала диких видов, были созданы новые сорта яблони для интенсивного и любительского садоводства: Академик Казаков, Благовест, Былина, Вымпел, Красуля, Памяти Нестерова, Скала, Чародейка, Успенское, Флагман, Фрегат и др. Они обладают моногенной или высокой полигенной устойчивостью к парше, хорошей морозостойкостью (до $-38...-40^{\circ}\text{C}$), крупными плодами (180...250 г) и улучшенным биохимическим составом. Для суперинтенсивных садов созданы колонновидные сорта (Готика, Гейзер, Каскад, Стела, Стрела, и др.), продемонстрировавшие потенциал урожайности порядка 60 и более тонн с гектара.

Благодаря гибридизации производных уссурийской груши с лучшими культурными разновидностями стала возможной разработка нового поколения сортов груши. В результате реализации селекционных программ института и при непосредственном участии академика Н.И. Савельева включено в Госреестр 9 новых сортов. В их числе такие зимние сорта для средней полосы как Гера, Ника, Первомайская, Февральский сувенир, Чудесница, Яковлевская, Феерия, чьи плоды отличаются высокими товарными и вкусовыми характеристиками и сохраняются в обычном хранилище 3...7 месяцев.

Созданы и включены в Госреестр крупноплодные сорта рябины (Огонёк, Сказочная). Они отличаются отсутствием терпкости и высоким содержанием полезных веществ: витамина С (более 80 мг%) и Р-активных соединений (до 1800 мг%).

Научные идеи и методы, разработанные академиком Н.И. Савельевым, продолжают активно развиваться его учениками и последователями. Его инновационные подходы к селекции плодовых культур легли в основу современных научных программ, ориентированных на создание сортов, способных адаптироваться к изменяющемуся климату и удовлетворять растущие требования рынка. Благодаря его трудам отечественная селекционная школа не только укрепила свои позиции, но и значительно расширила генетическое разнообразие плодовых культур. Это открывает новые возможности для развития садоводства в России, обеспечивая его устойчивость и конкурентоспособность в условиях глобальных вызовов. До настоящего времени из гибридного фонда выделяются генотипы, фундамент для которых был заложен выдающимся учёным-селекционером. Среди них – такие сорта яблони, как Мунстер, Магистр, Звезда Артемьева, Шолоховское,

Благодатное кольцо, которые были включены в Госреестр уже после ухода Николая Ивановича из жизни. Сорта Гурман и Покровское переданы на государственное сортоиспытание в 2023 и 2024 годах.

Для закладки промышленных садов в южной части Центрально-Чернозёмного региона отобраны перспективные сорта черешни: Барыня, Лика, Мулатка, Маркиза, Солнечная, сочетающие ряд важных агрономических и биологических характеристик. Эти генотипы демонстрируют высокую зимостойкость (выдерживают температуры до -35°C), устойчивость к грибным заболеваниям, таким как монилиоз и коккомикоз (уровень поражения не превышает 1,5 балла), а также стабильную урожайность на уровне 60...71 ц/га. Помимо этого, плоды обладают превосходными товарными и вкусовыми качествами, что делает их идеальными для коммерческого садоводства.

Ниже приведена характеристика ряда перспективных для промышленного и любительского садоводства сортов, созданных в Селекционно-генетическом центре за последние годы, главным автором которых является Н.И. Савельев.

Яблоня

Мунстер. Сорт выведен путём опыления яблони Богатырь пыльцой элитной формы 25-33 (Прима × Бессемянка мичуринская), обладающей иммунитетом к парше. Включён в Госреестр в 2019 году. Дерево отличается умеренным ростом и раскидистой кроной средней густоты. При выращивании на полукарликовом подвое 54-118 начинает плодоносить на 4-й год. Сорт демонстрирует высокую зимостойкость и устойчивость к парше. Плоды крупные, массой около 210 г, одномерные, уплощенно-конической формы, предназначены для зимнего потребления. Основная окраска плодов – розовато-красная, покрывающая большую часть поверхности. Мякоть белая, плотная, с отличными вкусовыми качествами (оценка 4,5...4,6 балла).

Шолоховское. Сорт создан путём скрещивания донора колонновидности 10-16 (Бессемянка мичуринская × Мекинтош «Важак») с иммунным к парше сортом Свежесть. Внесён в Госреестр в 2023 году. Характеризуется колонновидной формой кроны, высокой зимостойкостью, моногенной устойчивостью к парше, стабильной урожайностью и отличным качеством плодов. Средняя масса яблок – 170...190 г, они одномерные, округлой формы, предназначены для зимнего хранения. Покровная окраска интенсивно-красная, покрывает большую часть плода. Мякоть плотная, с хорошим вкусом (4,5 балла).

Звезда Артемьева. Сорт получен в результате опыления иммунного к парше сорта Благовест пыльцой донора колонновидного типа кроны 11-6-2 (Мекинтош «Важак» св. оп.). Включён в Госреестр в 2023 году. Отличается колонновидной формой кроны, высокой зимостойкостью, моногенной устойчивостью к парше, стабильной урожайностью и регулярным плодоношением. Плоды массой около 200 г, правильной округлой формы, одномерные, предназначены для зимнего потребления. Покровная окраска красная, занимает меньшую часть плода. Мякоть белая, плотная, с отличными вкусовыми характеристиками (4,5...4,6 балла).

Магистр. Сорт выведен путём скрещивания формы 12-69(138) (Мекинтош «Важак» св. оп.) с сортом Скала. Внесён в Госреестр в 2023 году. Обладает колонновидной кроной, повышенной зимостойкостью, относительно высокой полигенной устойчивостью к парше, стабильной урожайностью и высоким качеством плодов. Средний вес яблок – 170...220 г, они приплюснутой формы, одномерные, предназначены для зимнего хранения. Покровная окраска тёмно-красная, равномерно покрывает весь плод. Мякоть плотная, нежная, с хорошими вкусовыми качествами (4,5 балла).

Благодатное кольцо. Сорт создан путём опыления элитной формы 10-16 (Бессемянка мичуринская × Мекинтош «Важак») пыльцой иммунного к парше сорта Кандиль орловский. Включён в Госреестр в 2024 году. Характеризуется колонновидной кроной, высокой урожайностью, устойчивостью к парше и адаптивностью к неблагоприятным условиям. Плоды массой 180...200 г, округло-уплощённой формы, одномерные, предназначены для зимнего потребления. Покровная окраска яркая, оранжево-красная. Мякоть кремовая, нежная, колющаяся, с хорошим вкусом (4,5 балла).

Гурман. Сорт получен в результате опыления иммунного к парше сорта Чародейка пыльцой сорта Золотая корона. Находится на государственном сортоиспытании. Отличается высокой устойчивостью к болезням, урожайностью и отличными товарными качествами плодов. Крона овальная, средней плотности. Средний вес яблок – 160...210 г, они правильной округлой формы, одномерные, предназначены для зимнего хранения. Покровная окраска ярко-красная, хорошо выраженная. Мякоть ароматная, десертного вкуса (4,6 балла), плотная, колющаяся.

Покровское. Сорт выведен путём опыления иммунного к парше сорта Чародейка пыльцой сорта Золотая корона. Находится на государственном сортоиспытании. Преимущества сорта: хорошая зимостойкость, полигенная устойчивость к парше, высокая урожайность и регулярное плодоношение. Крона овальная, средней высоты. Средний вес плодов – 170 г, они округло-конической формы, одномерные, предназначены для зимнего потребления. Основная окраска жёлто-зелёная в стадии потребительской зрелости, покровная окраска отсутствует. Мякоть желтоватая, десертного вкуса (4,6 балла), плотная, колющаяся.

Академик Казаков. Сорт получен в результате скрещивания сортов Карповское и Releika. В Госреестр включён с 2012 года. Характеризуется высокой устойчивостью к парше и зимостойкостью. Дерево обладает средним ростом, быстро развивается. Крона округло-овальная, средней густоты. Плоды одномерные, правильной формы, слегка приплюснутые, массой 145...200 г., зимнего срока потребления. Основная окраска плодов — желтовато-зелёная, покровная в виде оранжево-красного румянца, на большей части плода. Мякоть желтоватая, хорошего вкуса (4,5 балла), плотная, колющаяся.

Черешня

Мулатка. Сорт включён в Госреестр в 2023 году, охраняется патентом. Характеризуется зимостойкостью, средней урожайностью, слабой поражаемостью монилиозом и коккомикозом. Дерево среднерослое, крона редкая, прямостоячая. Плоды средней массой 7,2 г, одномерные, почковидные. Окраска основная красная, покровная коричнево-красная, равномерная. Мякоть тёмно-красная, плотная, сочная, хрящеватая, окраска полости одноцветная с мякотью. Сок красный. Косточка среднего размера, отделяется от мякоти хорошо. Дегустационная оценка свежей продукции – 4,8 балла. Раннего срока созревания, десертного назначения. Транспортабельность высокая.

Лука. Сорт включён в Госреестр в 2023 году, охраняется патентом. Обладает зимостойкостью и устойчивостью к грибным болезням. Дерево среднего роста, с округло-овальной густой, раскидистой кроной. Урожайность высокая. Среднераннего срока созревания, столового назначения использования. Плоды средней массой 5,9 г, одномерные, почковидные. Окраска плода основная красная, покровная коричнево-красная, равномерная. Мякоть розовая, с кремовым оттенком, сочная, средней плотности, сладкого вкуса. Сок красный. Косточка средняя, отделяется от мякоти хорошо. Дегустационная оценка

4,6 балла. Плоды столового назначения, среднераннего срока созревания, транспортабельность высокая.

Барыня. Сорт включён в Госреестр в 2022 году, охраняется патентом. Характеризуется зимостойкостью, засухо- и жаростойкостью, высокой устойчивостью к грибным болезням. Дерево среднерослое, крона полупрямостоячая, средней густоты. Урожайность высокая. Ранне-среднего срока созревания, столового назначения. Плоды средней массой 7,2 г, средней одномерности, почковидные. Окраска плода основная жёлтая, покровная светло-красная, мраморовидная. Мякоть жёлтая, сочная, хрящеватая, окраска полости одноцветная с мякотью. Сок светло-жёлтый. Косточка среднего размера, отделяется от мякоти хорошо. Дегустационная оценка 4,6 балла. Плоды столового назначения, среднераннего срока созревания, транспортабельность высокая.

Маркиза. Сорт включён в Госреестр в 2022 году. Обладает средней урожайностью, устойчивостью к грибным заболеваниям. Дерево среднерослое, средней густоты, прямостоячее. Плоды средней массой 7,3 г, средней одномерности, почковидные. Окраска плодов основная жёлтая, покровная тёмно-красная, мраморовидная. Мякоть красная, средняя, сочная, красная, хрящеватая. Окраска полости одноцветная с мякотью. Сок светло-красный. Косточка средняя, отделяется от мякоти хорошо. Дегустационная оценка свежей продукции – 4,8 балла. Раннего срока созревания, десертного назначения. Транспортабельность высокая.

Солнечная. Сорт включён в Госреестр в 2022 году, охраняется патентом. Характеризуется зимостойкостью, высокой урожайностью, слабой поражаемостью грибными болезнями. Дерево среднерослое, средней густоты, прямостоячее. Плоды средней массой 6,2 г, одномерные, почковидные. Окраска жёлтая, равномерная. Мякоть жёлтая, сочная, хрящеватая. Окраска полости одноцветная с мякотью. Сок бесцветный. Косточка среднего размера, отделяется от мякоти хорошо. Дегустационная оценка 4,8 балла. Ранне-среднего срока созревания, десертного назначения.

Фундук

Щелкунчик. Сорт получен в результате свободного опыления (Академик Яблоков). Сорт включён в Госреестр в 2023 году, охраняется патентом. Обладает высокой зимостойкостью и устойчивостью цветков к весенним заморозкам, средней засухо- и жароустойчивостью. Отличается регулярным и стабильным плодоношением. Куст достигает 3,2 м в высоту, имеет среднюю густоту кроны обратнопирамидальной формы. В период полного плодоношения продуктивность до 6,5 кг. Плоды привлекательного внешнего вида, массой 2,8 г. Выход ядра – 52,4 %, выполненность ореха – 95,6 %. В ядре содержится 68,4 % жира. Дегустационная оценка – 4,5 балла. Ядро сладковатого вкуса, белое, плотное, со слабым ароматом.

Заключение

Научное наследие академика Н.И. Савельева продолжает оказывать значительное влияние на развитие селекции плодовых культур в России и за её пределами. Благодаря его трудам была создана одна из крупнейших в стране генетических коллекций плодовых растений, внедрены инновационные методы селекции, разработаны эффективные стратегии повышения устойчивости растений к заболеваниям и климатическим стрессам.

Применение молекулярных маркеров и ДНК-технологий в селекции позволило значительно ускорить процесс выведения новых сортов с улучшенными характеристиками. Созданные под его руководством сорта яблоки, груши, черешни и рябины демонстрируют

высокую продуктивность, устойчивость и востребованность в промышленном и любительском садоводстве.

Методологические подходы и научные идеи академика Н. И. Савельева легли в основу современных исследований, направленных на адаптацию плодовых культур к изменяющемуся климату, сохранение генетического разнообразия и повышение эффективности отечественной селекции. Его ученики продолжают развивать заложенные им принципы, обеспечивая дальнейший прогресс в области садоводства и генетики растений. Включение новых сортов в Госреестр, подтверждает долговременную ценность его научных достижений и перспективность разработанных селекционных программ.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Акимов М.Ю., Юшков А.Н., Савельева Н.Н. Центральная ордена трудового красного знамени Генетическая лаборатория имени И.В. Мичурина – история становления // Частная генетика и селекция – вековой опыт в садоводстве: материалы конференции. Воронеж: Кварта, 2018. 9-14. <https://elibrary.ru/jidype>
2. Вержук В.Г., Павлов А.В., Орлова С.Ю., Дорохов Д.С., Котов В.М. Жизнеспособность побегов яблони, груши и обработанных криопротекторами почек черемухи после хранения в жидком азоте // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. 1. 9. <https://elibrary.ru/sxivvd>
3. Савельев Н.И., Шамшин И.Н., Кудрявцев А.М. Генетический полиморфизм исходных форм яблони по аллелям генов длительной лежкости и качества плодов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. 3. 17-20. <https://elibrary.ru/scrwnd>
4. Шамшин И.Н., Савельев Н.И., Кудрявцев А.М. Применение молекулярных маркеров для идентификации генотипов яблони с геном устойчивости к парше // Плодоводство и ягодоводство России. 2011. 26. 126-129. <https://elibrary.ru/nuyksj>

References

1. Akimov, M.Yu., Yushkov, A.N., & Savelyeva, N.N. (2018). I.V. Michurin central genetical laboratory decorated with the order of the Red Banner of Labour. History of formation. In: *Private Genetics and Breeding – Centuries-old Experience in Horticulture: conference proceedings* (pp. 9-14). Kvarita. <https://elibrary.ru/jidype>. (In Russian).
2. Verzhuk, V.G., Pavlov, A.V., Orlova, S.Yu., Dorokhov, D.S., & Kotov, V.M. (2014). Estimation viability of shoots apple-tree, pear-tree and processing cryoprotectors bird-cherry buds after storage in liquid nitrogen. *Processes and Food Production Equipment*, 1, 9. <https://elibrary.ru/sxivvd>. (In Russian, English abstract).
3. Savel'ev, N.I., Shamshin, I.N., & Kudryavtsev, A.M. (2014). Apple for the alleles of genes of shelf life and quality of fruits. *Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, 3, 17-20. <https://elibrary.ru/scrwnd>. (In Russian, English abstract).
4. Shamshin, I.N., Savelyev, N.I., & Kudryavtsev, A.M. (2011). The use of molecular markers to identify apple tree genotypes with the scab resistance gene. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*, 26, 126-129. <https://elibrary.ru/nuyksj>. (In Russian).

Авторы:

Андрей Николаевич Юшков, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии устойчивости и геномных технологий ФГБНУ ФНЦ имени И.В. Мичурина, a89050489146@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-2180-0045

SPIN: 2987-1191

Наталья Николаевна Савельева, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генофонда ФГБНУ ФНЦ имени И.В. Мичурина.

ORCID: 0000-0003-4874-7536

SPIN: 8981-1230

Андрей Сергеевич Земисов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории частной генетики и селекции ФГБНУ ФНЦ имени И.В. Мичурина.

ORCID: 0000-0003-0932-8902

SPIN: 4356-5268

Владислав Вячеславович Чивилев, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генофонда ФГБНУ ФНЦ имени И.В. Мичурина.

ORCID: 0000-0001-8494-2465

SPIN: 5314-8085

Роман Евгеньевич Богданов, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории частной генетики и селекции ФГБНУ ФНЦ имени И.В. Мичурина.

ORCID: 0000-0002-4432-3245

SPIN: 6537-3519

Надежда Вячеславовна Борzych, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологии устойчивости и геномных технологий ФГБНУ ФНЦ имени И.В. Мичурина.

ORCID: 0000-0003-4938-2743

SPIN: 1948-6372

Authors:

Andrey Yushkov, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Resistance Physiology and Genomic Technologies of the I.V. Michurin Federal Research Center, a89050489146@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-2180-0045

SPIN: 2987-1191

Natalia Savelyeva, Doctor of Biological Sciences, Leading researcher at the Laboratory of the Gene pool of the I.V. Michurin Federal Research Center.

ORCID: 0000-0003-4874-7536

SPIN: 8981-1230

Andrey Zemisov, Candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher at the Laboratory of Private Genetics and Breeding of the I.V. Michurin Federal Research Center.

ORCID: 0000-0003-0932-8902

SPIN: 4356-5268

Vladislav Chivilev, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher at the Laboratory of the gene pool of the I.V. Michurin Federal Research Center.

ORCID: 0000-0001-8494-2465

SPIN: 5314-8085

Roman Bogdanov, Candidate of Agricultural Sciences, Leading researcher at the Laboratory of Private Genetics and Breeding of the I.V. Michurin Federal Research Center.

ORCID: 0000-0002-4432-3245

SPIN: 6537-3519

Nadezhda Borzykh, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Laboratory of Resistance Physiology and Genomic Technologies of the I.V. Michurin Federal Research Center.

ORCID: 0000-0003-4938-2743

SPIN: 1948-6372

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 634.22

Особенности физиолого-биохимических процессов устойчивости сортов сливы разного генетического происхождения к раннезимним морозам

А.О. Болгова¹, З.Е. Ожерельева¹ 

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур», 302530, Орловская область, Орловский МО, д. Жилина, Россия, info@vniispk.ru

Аннотация

В связи с тем, что сорта сливы демонстрируют различную степень устойчивости к раннезимним морозам необходимо проводить изучение физиолого-биохимических процессов, лежащих в основе адаптации растений в начале зимы. Цель исследований – выявить особенности физиолого-биохимических процессов устойчивости сливы к раннезимним морозам на основе изучения модификаций компонентов антиоксидантной системы защиты, в белково-углеводном обмене и интенсивности процесса перекисного окисления липидов в коре однолетних побегов. Исследования проводились в 2022...2024 гг. на базе лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений и участках первичного сортоизучения косточковых культур ВНИИСПК согласно общепринятым методикам. В качестве объектов исследований использовались сорта сливы *Prunus × rossica* Erem., *Prunus salicina* и *Prunus domestica* биоресурсной коллекции института. В результате проведенных исследований установлено, что снижение содержания свободного пролина и суммы сахаров, повышение активности антиоксидантного фермента каталаза приводит к снижению интенсивности процесса перекисного окисления мембранных липидов в коре однолетних побегов сортов сливы в раннезимний период. Так, при снижении температуры до -25,0°C у сортов сливы наблюдалось повышение активности фермента каталаза на 6,2...29,6% по сравнению с показателями закалки. При этом зафиксировано снижение уровня пролина и суммы сахаров в коре однолетних побегов соответственно на 29,97% и 27,9% у сортов *P. × rossica*, на 51,22% и 26,5% у *P. domestica*, на 24,94% и 16,1% у *P. salicina*. В контролируемых условиях показана высокая морозостойкость сортов сливы при -25,0°C за счет достаточно высокой скорости закалки. Полученные результаты дают возможность использовать изученные сорта сливы в качестве исходных форм устойчивости к раннезимним морозам. Активность антиоксидантных ферментов, уровень пролина, содержание сахаров и малонового диальдегида являются важными маркерами для оценки морозостойкости сортов сливы.

Ключевые слова: *Prunus domestica*, *Prunus salicina*, *Prunus × rossica* Erem., I компонент зимостойкости, аминокислота пролин, сумма сахаров, антиоксидантные ферменты, малоновый диальдегид

Features of physiological and biochemical processes of resistance to early winter frost in plum cultivars of different genetic origin

A.O. Bolgova¹, Z.E. Ozherelieva¹ 

¹Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK), 302530, Russia, Orel region, Orel MO, Zhilina, VNIISPK, info@vniispk.ru

Abstract

Due to the fact that plum cultivars show varying degrees of resistance to early winter frosts, it is

necessary to study the physiological and biochemical processes underlying plant adaptation at the beginning of winter. The purpose of the research was to identify the features of the physiological and biochemical processes of plum resistance to early winter frosts based on the study of modifications of the components of the antioxidant protection system, in protein–carbohydrate metabolism and the intensity of lipid peroxidation in the bark of annual shoots. The studies were conducted in 2022...2024 on the basis of the laboratory of physiology of resistance of fruit plants and sites of primary variety study of stone crops of VNIISPK according to generally accepted methods. The plum cultivars *Prunus × rossica* Erem., *Prunus salicina* and *Prunus domestica* from the bioresource collection of the Institute were used as research objects. As a result of the conducted studies, it has been found that a decrease in the content of free proline and the amount of sugars, an increase in the activity of the antioxidant enzyme catalase leads to a decrease in the intensity of the process of peroxidation of membrane lipids in the bark of annual shoots of plum cultivars in early winter. Thus, when the temperature decreased to -25.0°C, plum cultivars showed an increase in the activity of the catalase enzyme by 6.2...29.6% compared to the quenching parameters. At the same time, a decrease in the level of proline and the amount of sugars in the bark of annual shoots was recorded, respectively, by 29.97% and 27.9% in *P. × rossica* cultivars, by 51.22% and 26.5% in *P. domestica*, by 24.94% and 16.1% in *P. salicina*. Under controlled conditions, high frost resistance of plum cultivars at -25.0°C was shown due to a sufficiently high quenching rate. The obtained results make it possible to use the studied plum cultivars as initial forms of resistance to early winter frosts. The activity of antioxidant enzymes, the level of proline, the content of sugars and malondialdehyde are important markers for assessing the frost resistance of plum cultivars.

Key words: *Prunus domestica*, *Prunus salicina*, *Prunus × rossica* Erem., winter hardiness component I, amino acid proline, sum of sugars, antioxidant enzymes, malonic dialdehyde

Введение

В условиях Европейской части России в отдельные годы в начале декабря возможны понижения температуры воздуха до -22,0...-25,0°C, поэтому адаптированные сорта плодовых культур должны набирать необходимый уровень морозостойкости уже в начале зимы (Савельев и др., 2010; Данилова, Кичина, 2009; Федотова и др., 2015). Такая ситуация может наблюдаться при сильном поражении болезнями, при поздней посадке, а также при возобновлении интенсивного роста осенью после летней засухи. В подобных условиях растение, как правило, не реализует свой генетически обусловленный потенциал морозостойкости (Гасымов, 2017). Осенью при внезапном снижении температуры, особенно после дождливой и холодной второй половины вегетационного периода, клетки камбия и коры менее устойчивы к морозам, чем древесина. В результате морозы поздней осенью могут повреждать штамб и скелетные ветви (Резвякова, 2011).

Первый компонент зимостойкости – способность растений к быстрой закалке осенью и устойчивость к раннезимним морозам.

И.И. Туманов (1940) установил, что развитие морозостойкости у растений происходит в результате процесса закаливания, который начинается осенью и продолжается в начале зимнего периода. Формирование устойчивости к низким температурам носит поэтапный характер. Изначально растения снижают темпы роста, затем полностью его прекращают, переходя в состояние покоя, затем проходят фазы закаливания. Первая фаза закаливания начинается при снижении среднесуточной температуры до 0,0°C (Данилова, Кичина, 2009). На данном этапе наблюдается активное накопление сахаров в растительных тканях (Satyakam et al., 2022; Jahed et al., 2023), что служит начальной адаптационной реакцией после завершения вегетативного роста. После вступления растений в фазу покоя и

завершения первой стадии закаливания их морозоустойчивость может возрастать до значений $-20,0 \dots -25,0^{\circ}\text{C}$ и ниже (Туманов, 1979; Тюрина, 1991; Данилова, Кичина, 2009). Так, при снижении температуры до $-15,0^{\circ}\text{C}$ (I компонент зимостойкости) все изучаемые сортообразцы сливы не имели каких-либо повреждений (Солонкин и др., 2020). Результаты искусственного промораживания показали, что сорта и гибридные формы *P. salicina* способны переносить снижение температуры до $-25,0^{\circ}\text{C}$ без значительных повреждений (не более 1,0 балла) почек и тканей однолетних побегов (Ожерельева, Ряполова, 2010). Как показывают многолетние исследования, для условий Беларуси новые сорта сливы также должны выдерживать снижение температуры воздуха в начале зимы до $-25,0^{\circ}\text{C}$. При этом выявлено наличие более высокого потенциала морозостойкости по I компоненту зимостойкости у образцов сливы диплоидной по сравнению с *P. domestica*. Общая степень подмерзания по сортам *P. domestica* составила 2,6 балла, и 1,6 балла по сортам сливы диплоидной (Матвеев и др., 2011). Изучение устойчивости сортов и форм сливы разного генетического происхождения по I компоненту зимостойкости методом искусственного промораживания в начале декабря при $-30,0^{\circ}\text{C}$ показало, что ткани однолетних побегов у них повредились незначительно до 1,0 балла. Вегетативные почки повредились при этом сильнее от 0,0 до 2,4 балла (Савельев и др., 2010). Согласно другим данным, большинство проанализированных сортов сливы демонстрируют высокую степень устойчивости при снижении температуры до -25°C : средний балл подмерзания по всем сортам составил 0,66. К числу зимостойких форм отнесены, в частности, сорт Красивая Веча, происходящий от *P. salicina*, а также сорт Надежда, происходящий от *P. domestica* (Федотова и др., 2015).

Анализ литературных данных по изучению I компонента зимостойкости показывает, что в начале зимы сорта сливы проявляют различный потенциал устойчивости в зависимости от температурного режима и физиологического состояния растений. В связи с этим остаётся актуальной задача по изучению морозостойкости сортов сливы различного генетического происхождения к неблагоприятным факторам в начале зимы.

Цель исследований – выявить особенности физиолого-биохимических процессов устойчивости сливы к раннезимним морозам на основе изучения модификаций в антиоксидантной системе защиты, в белково-углеводном обмене и интенсивности процесса перекисного окисления липидов в коре однолетних побегов.

Материалы и методы

Исследование проводили в 2022...2024 гг. на базе лаборатории физиологии устойчивости плодовых растений и участках первичного сортоизучения косточковых культур биоресурсной коллекции ВНИИСПК с серыми лесными почвами, с содержанием гумуса 3...4%, мощностью гумусового горизонта 30...35 см. Год посадки – 2019. Схема посадки 5,0 × 3,0 м. В междурядьях используется естественное залужение, в приствольных полосах гербициды.

В качестве объектов исследований использовали 4 сорта *Prunus × rossica* Erem. – Ветразь, Гек, Злато скифов, Кубанская комета, 5 сортообразцов *Prunus salicina* – Неженка, Сувенир Востока, Орловская мечта, Скороплодная, ЭЛС 18743 и 5 сортов *Prunus domestica* – Венгерка белорусская, Венгерка заречная, Евразия 21, Золотое руно, Stanley.

Определение перехода сортов сливы в период глубокого покоя определяли методом отращивания. Однолетние побеги срезали осенью (октябрь – ноябрь) и помещали в сосуды с водой при температуре $+18,0 \dots +20,0^{\circ}\text{C}$ для отращивания. Отсутствие распускания почек служило показателем вступления растений в состояние глубокого покоя.

Для определения устойчивости к раннезимнему морозу сортов сливы в контролируемых условиях использовали многолетние ветви. Ветви средней длины (5 шт.), срезали в конце

ноября с типичных для сорта деревьев плодоносящего возраста. Искусственное промораживание проводили в климатической камере LO-70/180-1000 TBX (Россия), согласно методическим рекомендациям (Тюрина и др., 2002). Промораживание проводили в начале декабря.

Температурные режимы промораживания:

- закалка -5,0°C – 5 дней; -10,0°C – 5 дней;
- промораживание при -25,0°C (I компонент зимостойкости), продолжительность 8 часов, скорость снижения температуры 5,0°C/ч.

Определение содержания сахаров проводилось с использованием резорцинового реактива по методике Туркиной и Соколовой (1972).

Содержание пролина определяли реакцией с реагентом нингидрина (Bates et al., 1973; Прудников, Ожерельева, 2019). Сумму сахаров и содержание пролина устанавливали при длине волны 520 нм с использованием спектрофотометра.

Активность пероксидазы в листьях определяли методом Бояркина (Ермаков и др., 1987). Измерение проводили на ФЭКе при длине волны 670 нм.

Активность каталазы проводили по методике (Шиманов и др., 1995; Прудников, Ожерельева, 2019) на спектрофотометре при длине волны 440 нм.

Количество МДА определяли на основе качественной реакции с тиобарбитуровой кислотой (Стальная, Гаришвили, 1977; Прудников, Ожерельева, 2019) на спектрофотометре при длине волны 535 нм.

Экспериментальные данные обработаны методами дисперсионного ANOVA (Доспехов, 1985) и корреляционного анализа с использованием программного пакета MS Excel.

Результаты и их обсуждение

Рост растений не является непрерывным процессом. В осенне-зимний период у них замедляются или полностью приостанавливаются ростовые процессы, т.е. наступает период глубокого покоя. В период глубокого покоя у сортов сливы наиболее чувствительны к низким температурам сердцевина и древесина однолетних побегов, а также генеративные почки. Деревья с поврежденной древесиной и сердцевиной начинают позже вегетировать, а завязь у них часто осыпается. Повышение морозостойкости плодовых растений в процессе закаливания успешно проходит только при прекращении роста и вступлении их в состояние покоя.

Так, у изученных сортов сливы в ноябре не наблюдалось распускание почек, это подтверждает то, что растения в ноябре находились в состоянии глубокого покоя. В дальнейшем многолетние ветки срезались в конце ноября. При этом отмечено различие по сроку выхода сортов сливы из периода глубокого покоя. Первыми вышли из состояния покоя сорта Гек, Неженка, Сувенир Востока и ЭЛС 18473. В начале II декады декабря выход из состояния покоя зарегистрирован у сортов Орловская мечта, Скороплодная. В конце II декады декабря почки распускались у сортов Венгерка заречная, Ветразь, Злато скифов, Золотое руно, Евразия 21 и Кубанская комета. Самый поздний выход из состояния глубокого покоя (в начале III декады декабря) отмечен у сортов Венгерка белорусская и Stanley (таблица 1).

На основании проведенных наблюдений следует, что сорта сливы характеризуются коротким периодом глубокого покоя, из которого выходят уже в декабре. Более продолжительный период глубокого покоя отмечен у сортов *P. domestica* – Венгерка белорусская и Stanley.

Таблица 1 – Сроки выхода сортов сливы разного генетического происхождения из периода глубокого покоя (среднее за 2022...2024 гг.)

Сорт	Дата выхода из состояния покоя			
	07.12...09.12.	11.12...12.12.	16.12...18.12.	20.12...21.12.
<i>P. domestica</i>				
Венгерка белорусская				+
Венгерка заречная			+	
Евразия 21			+	
Золотое руно			+	
Stanley				+
<i>P. × rossica</i>				
Ветразь			+	
Гек	+			
Злато скифов			+	
Кубанская комета			+	
<i>P. salicina</i>				
Неженка	+			
Орловская мечта		+		
Сувенир Востока	+			
Скороплодная		+		
ЭЛС 18473	+			

Прекращение роста и вхождение в состояние покоя является стартовым моментом развития способности к закалке. С этого времени постепенно, вследствие определенных биохимических, физиологических и структурных изменений, растения подготавливаются к перезимовке. Разные виды и сорта плодовых культур значительно различаются по времени начала подготовительных к перезимовке процессов, скорости прохождения отдельных этапов и сроках достижения максимальной способности к закалке (Тюрина и др., 2002).

К антиоксидантным ферментам относятся каталаза и пероксидаза. Пероксидаза является одной из важнейших каталитических систем среди биохимических факторов защиты растений и относится к полифункциональным ферментам, выступает в качестве одного из звеньев альтернативной дыхательной цепи, обладающая повышенной чувствительностью к внешним воздействиям (Хозеева и др., 2020).

В условиях понижения температуры до $-25,0^{\circ}\text{C}$ было зафиксировано снижение активности фермента пероксидаза по сравнению с периодом закали. Установленное снижение составило в 3,4 раза у *P. × rossica*, в 1,4 раза у *P. salicina* и в 1,6 раза у *P. domestica*. Подобная динамика указывает на ослабление интенсивности метаболических реакций, что типично для фазы глубокого покоя (таблица 2).

Каталаза нейтрализует супероксид анион-радикал и пероксид водорода на воду и молекулярный кислород, предотвращая повреждение растительной клетки. В условиях низкотемпературного стресса активность данного антиоксидантного фермента усиливается. Известно, что у морозостойких сортов наблюдается повышенная активность каталазы зимой (Хозеева и др., 2020).

Проведённые исследования показали, что у сортов *P. × rossica*, таких как Ветразь, Гек и Злато скифов, после воздействия температуры $-25,0^{\circ}\text{C}$ в начале зимнего периода наблюдалось повышение активности фермента каталазы на 6,2...11,0% по сравнению с показателями, зафиксированными на этапе закали.

У сортов, происходящих от *P. domestica* – Венгерка белорусская (на 15,0%), Золотое руно (в 2,8 раза) и Stanley (на 16,8%) – также зафиксировано усиление активности каталазы в условиях действия первого компонента зимостойкости (таблица 3).

Таблица 2 – Активность пероксидазы (в условных единицах) в коре однолетних побегов сливы при действии температуры $-25,0^{\circ}\text{C}$ после закалки (среднее за 2022...2024 гг.)

Сорт (фактор А)	Этапы моделирования I компонента зимостойкости (фактор В)	
	Закалка $-5,0^{\circ}\text{C}$, $-10,0^{\circ}\text{C}$	I компонент $-25,0^{\circ}\text{C}$
<i>P. domestica</i>		
Венгерка белорусская	$6,4 \pm 3,2$	$3,0 \pm 2,7$
Венгерка заречная	$7,7 \pm 7,4$	$6,6 \pm 6,3$
Евразия 21	$18,1 \pm 7,4$	$3,0 \pm 2,2$
Золотое руно	$7,9 \pm 7,6$	$3,3 \pm 3,0$
Stanley	$12,6 \pm 12,2$	$9,8 \pm 9,3$
<i>P. × rossica</i>		
Ветразь	$7,1 \pm 6,8$	$3,1 \pm 2,8$
Гек	$11,8 \pm 6,9$	$3,5 \pm 3,0$
Злато скифов	$12,6 \pm 12,2$	$6,1 \pm 5,7$
Кубанская комета	$18,1 \pm 17,2$	$3,0 \pm 2,3$
<i>P. salicina</i>		
Неженка	$12,6 \pm 12,1$	$12,2 \pm 11,9$
Орловская мечта	$8,8 \pm 8,3$	$3,6 \pm 3,0$
Сувенир Востока	$3,6 \pm 3,2$	$1,5 \pm 1,3$
Скороплодная	$13,6 \pm 13,1$	$8,5 \pm 7,9$
ЭЛС 18473	$12,6 \pm 7,8$	$12,1 \pm 11,7$
	$A F_{\phi} < F_T$	$B HCP_{05} = 3,3$ $AB F_{\phi} < F_T$

Таблица 3 – Активность каталазы (в условных единицах) в коре однолетних побегов сливы при действии температуры -25°C после закалки (среднее за 2022...2024 гг.)

Сорт (фактор А)	Этапы моделирования I компонента зимостойкости (фактор В)	
	Закалка $-5,0^{\circ}\text{C}$, $-10,0^{\circ}\text{C}$	I компонент $-25,0^{\circ}\text{C}$
<i>P. domestica</i>		
Венгерка белорусская	$18,6 \pm 9,3$	$21,4 \pm 10,7$
Венгерка заречная	$16,0 \pm 8,4$	$14,6 \pm 7,8$
Евразия 21	$12,4 \pm 4,7$	$11,7 \pm 5,6$
Золотое руно	$6,1 \pm 4,1$	$16,8 \pm 11,1$
Stanley	$17,3 \pm 10,3$	$20,2 \pm 7,8$
<i>P. × rossica</i>		
Ветразь	$17,3 \pm 8,9$	$18,4 \pm 6,6$
Гек	$26,8 \pm 12,8$	$29,8 \pm 15,1$
Злато скифов	$23,7 \pm 13,4$	$24,8 \pm 12,9$
Кубанская комета	$28,3 \pm 13,7$	$28,1 \pm 13,8$
<i>P. salicina</i>		
Неженка	$23,5 \pm 14,0$	$30,5 \pm 19,8$
Орловская мечта	$26,4 \pm 15,7$	$28,8 \pm 15,9$
Сувенир Востока	$6,4 \pm 3,6$	$17,8 \pm 9,5$
Скороплодная	$7,2 \pm 3,6$	$33,3 \pm 23,3$
ЭЛС 18473	$30,7 \pm 17,6$	$30,5 \pm 21,8$
	$A HCP_{05} = 13,4$	$B F_{\phi} < F_T$ $AB F_{\phi} < F_T$

При снижении температуры до $-25,0^{\circ}\text{C}$ активность каталазы в большей степени повысилась у представителей *P. salicina*: Неженка – на 29,6%, Орловская мечта – на 9,3%, Сувенир Востока – в 2,8 раза и Скороплодная – в 4,6 раза (таблица 3). Понижение температуры до $-25,0^{\circ}\text{C}$ в начале декабря не повлияло на активность каталазы у сортов Кубанская комета и ЭЛС 18473, ее уровень не изменился по сравнению с закалкой. Отмечено при этом понижение активности каталазы в коре однолетних побегов у сортов

Венгерка заречная (на 9,6%) и Евразия 21 (на 5,5%). По-видимому, в нейтрализации АФК наряду с пролином (таблица 4) могли в этих сортах в большей степени участвовать и другие антиоксиданты, например, полифенолоксидаза, у которого с каталазой есть конкуренция за субстрат – пероксид водорода (Прудников и др., 2015).

Таблица 4 – Содержание аминокислоты пролин в коре однолетних побегов сливы при действии температуры -25,0°C после закалки, мг/кг (среднее за 2022...2024 гг.)

Сорт (фактор А)	Этапы моделирования I компонента зимостойкости (фактор В)	
	Закалка -5,0°C, -10,0°C	I компонент -25,0°C
<i>P. domestica</i>		
Венгерка белорусская	104,6±41,2	54,4±23,2
Венгерка заречная	89,1±50,3	61,7±30,7
Евразия 21	119,9±24,9	67,2±25,6
Золотое руно	47,0±19,4	34,6±12,0
Stanley	64,6±24,0	61,6±18,0
<i>P. × rossica</i>		
Ветразь	103,5±33,5	90,9±17,8
Гек	172,3±9,2	141,5±19,2
Злато скифов	182,3±19,3	113,3±31,5
Кубанская комета	137,5±15,9	131,9±32,4
<i>P. salicina</i>		
Неженка	143,8±9,4	109,4±38,7
Орловская мечта	163,6±33,0	132,0±20,1
Сувенир Востока	131,7±16,2	107,6±38,1
Скороплодная	149,3±10,5	122,4±41,9
ЭЛС 18473	134,5±14,7	146,6±25,4
А НСР ₀₅ =44,5 В НСР ₀₅ =16,8 АВ F _ф <F _т		

Известно, что в условиях низкотемпературного стресса пролин и сахара защищают растительную клетку от образования внутриклеточного льда. Низкомолекулярный антиоксидант пролин сохраняет функциональную активность клеточных мембран, защищает ферменты от инактивации, а также обеспечивает целостность структурных белков (Прудников, Ожерельева, 2019).

В результате воздействия температуры -25,0°C, соответствующей первому компоненту зимостойкости, в среднем для сортов *P. × rossica* было зафиксировано снижение концентрации аминокислоты пролин в коре однолетних побегов на 30,0%. У представителей *P. domestica* данный показатель уменьшился на 51,2%, а у *P. salicina* – на 24,9% по сравнению с этапом закалки. Снижение содержания пролина объясняется его антиоксидантной функцией: данная аминокислота способствует нейтрализации активных форм кислорода (АФК), что, в свою очередь, способствует сохранению растительной клетки и увеличению морозостойкости растений. Примечательно, что у гибридной формы ЭЛС 18743, напротив, отмечено увеличение содержания пролина в коре однолетних побегов в 1,9 раза (таблица 4), который вероятно играл роль криопротектора.

Известно, что под воздействием отрицательной температуры в растительных клетках запускаются механизмы, останавливающие процесс образования кристаллов льда, предотвращая обезвоживание цитоплазмы. Так, криопротекторы регулируют внутриклеточную концентрацию растворенных веществ, снижают температуру замерзания, препятствуют образованию льда и сохраняют текучесть плазматической мембраны. Кроме того, эти молекулы обладают антиоксидантной активностью, поглощая АФК, предотвращая денатурацию белков и, следовательно, снижая клеточные повреждения (Jahed et al., 2023).

Сахара также обладают криопротекторным эффектом. При накоплении растворимых сахаров в клетке понижается водный потенциал цитоплазмы, снижается точка её замерзания, что препятствует образованию внутриклеточного льда.

Результаты определения содержания суммы сахаров показали, что при воздействии температуры $-25,0^{\circ}\text{C}$, соответствующей первому компоненту зимостойкости, количество углеводов в коре однолетних побегов у большинства исследуемых сортов сливы снизилось, аналогично отмеченному ранее уменьшению уровня свободного пролина, в сравнении с закалкой. В частности, у сортов *P. × rossica* содержание сахаров уменьшилось на 27,9%, у представителей *P. domestica* – на 26,5%, а у *P. salicina* – на 16,1% (таблица 5).

Таблица 5 – Содержание суммы сахаров в коре однолетних побегов сливы при действии температуры $-25,0^{\circ}\text{C}$ после закали, мг/г (среднее за 2022...2024 гг.)

Сорт (фактор А)	Этапы моделирования I компонента зимостойкости (фактор В)	
	Закалка $-5,0^{\circ}\text{C}$, $-10,0^{\circ}\text{C}$	I компонент $-25,0^{\circ}\text{C}$
<i>P. domestica</i>		
Венгерка белорусская	$1,1 \pm 0,05$	$1,0 \pm 0,03$
Венгерка заречная	$1,0 \pm 0,07$	$0,8 \pm 0,07$
Евразия 21	$1,1 \pm 0,11$	$0,8 \pm 0,09$
Золотое руно	$1,0 \pm 0,07$	$0,8 \pm 0,01$
Stanley	$1,0 \pm 0,06$	$0,7 \pm 0,15$
<i>P. × rossica</i>		
Ветразь	$1,2 \pm 0,07$	$1,0 \pm 0,16$
Гек	$1,3 \pm 0,26$	$1,1 \pm 0,08$
Злато скифов	$1,5 \pm 0,34$	$1,2 \pm 0,16$
Кубанская комета	$1,3 \pm 0,28$	$1,0 \pm 0,16$
<i>P. salicina</i>		
Неженка	$1,1 \pm 0,26$	$1,1 \pm 0,13$
Орловская мечта	$1,1 \pm 0,09$	$1,0 \pm 0,04$
Сувенир Востока	$1,2 \pm 0,18$	$1,1 \pm 0,05$
Скороплодная	$1,1 \pm 0,24$	$0,9 \pm 0,13$
ЭЛС 18473	$1,1 \pm 0,19$	$1,0 \pm 0,15$
А НСР ₀₅ =0,23 В НСР ₀₅ =0,1 АВ $F_{\phi} < F_{\tau}$		

Снижение низкомолекулярных углеводов, вероятно, произошло в результате синтеза белка при действии отрицательной температуры. Сахара, по данным авторов (Колупаев, Трунова, 1992), входят в комплексные соединения с белками и, повышая их устойчивость, оказывают защитное действие к стрессовым воздействиям. К тому же, сахара наряду с пролином и другими осмолитами увеличивают концентрацию клеточного сока за счет снижения свободной воды, что оказывает защитное действие в условиях действия отрицательной температуры.

Низкотемпературный стресс нарушает протекание физиолого-биохимических процессов, что приводит к образованию активных форм кислорода (АФК) с последующим перекисным окислением мембранных липидов (ПОЛ). При этом происходит активация липооксигеназ, что приводит к возникновению в клетке окислительного стресса (Кузнецов, 2005). Уровень повреждения клеточных мембран можно оценить по изменению уровня малонового диальдегида (МДА) – одного из конечных продуктов ПОЛ (Прудников и др., 2017).

Проведённые исследования показали, что в условиях действия температуры $-25,0^{\circ}\text{C}$ в начале зимы у исследуемых сортов сливы наблюдалось снижение интенсивности процессов перекисного окисления липидов. Так, у сортов *P. × rossica* содержание малонового диальдегида снизилось на 12,6% по сравнению с показателями, зафиксированными в

период закали. У *P. salicina* после охлаждения также отмечено уменьшение уровня МДА в коре однолетних побегов на 15,7% относительно закали. Аналогичная динамика была установлена и у сортов *P. domestica*, у которых количество МДА снизилось на 30,2% под действием отрицательной температуры (таблица 6).

Таблица 6 – Содержание МДА в коре однолетних побегов сливы при действии температуры -25°C после закали, мкмоль/г (среднее за 2022...2024 гг.)

Сорт (фактор А)	Этапы моделирования I компонента зимостойкости (фактор В)	
	Закали -5,0°C, -10,0°C	I компонент -25,0°C
<i>P. domestica</i>		
Венгерка белорусская	16,0±6,0	12,9±4,9
Венгерка заречная	13,7±4,5	13,3±3,7
Евразия 21	19,6±8,6	12,4±5,1
Золотое руно	11,6±4,8	8,5±3,0
Stanley	11,6±4,1	11,7±4,4
<i>P. × rossica</i>		
Ветразь	13,2±3,9	13,0±5,2
Гек	11,6±4,3	10,0±4,7
Злато скифов	16,3±6,6	14,4±6,2
Кубанская комета	13,0±4,9	10,9±4,2
<i>P. salicina</i>		
Неженка	13,4±5,7	11,2±5,0
Орловская мечта	13,4±5,3	12,9±4,7
Сувенир Востока	14,2±5,9	12,5±4,9
Скороплодная	14,1±6,0	10,1±3,7
ЭЛС 18473	11,2±4,3	11,0±5,2
A $F_{\phi} < F_T$ B $HCP_{05}=1,4$ AB $F_{\phi} < F_T$		

Клеточные мембраны являются одной из основных мишеней токсического действия АФК, которые способны запускать цепные реакции перекисного окисления мембранных липидов. И, когда антиоксидантные ферменты перестают справляться с повышением уровня АФК, начинается повреждение мембранного аппарата клетки (Спивак, 2010). В данном случае можно предположить, что антиоксиданты каталаза и пролин нейтрализовали образование АФК, защищая тем самым клеточные мембраны у изученных сортов сливы. Сахара, вероятно, предотвращали образование внутриклеточного льда, увеличивая концентрацию клеточного сока.

Функциональная сопряжённость физиолого-биохимических показателей устойчивости растений – это взаимосвязь между процессами жизнедеятельности растительного организма, которые обеспечивают адаптацию к стрессовым факторам (температуре, водному дефициту, избытку солей и др.). Все системы защиты в растительной клетке тесно взаимосвязаны.

В результате проведенных исследований установлено, что модификация в белково-углеводном обмене (содержание свободного пролина и суммы сахаров), повышение активности антиоксидантного фермента каталаза приводит к снижению интенсивности процесса перекисного окисления мембранных липидов в коре однолетних побегов сортов сливы разного генетического происхождения в период глубокого покоя.

Показано, что пролин, вероятно, предотвращая окислительный стресс в растительной клетке, в большей степени повышал функционирование антиоксидантного фермента каталаза, который являясь компонентом антиоксидантной системы защиты катализирует разложение перекиси водорода с образованием воды и активного кислорода. К тому же

пролин совместно сахарами выполняют роль криопротекторов, защищая растительную клетку от образования внутриклеточного льда (рисунок 1).

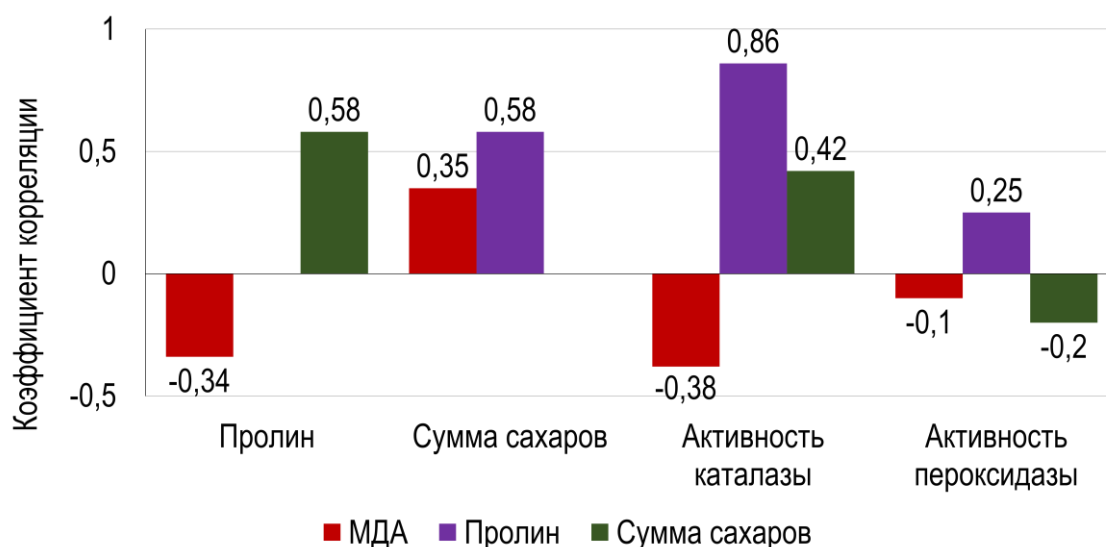


Рисунок 1 – Корреляционная связь между физиолого-биохимическими показателями устойчивости сливы при I компоненте зимостойкости (среднее за 2022...2024 гг.)

Согласно результатам эксперимента по искусственному промораживанию, исследуемые сорта сливы характеризуются достаточно высокой скоростью вхождения в закалённое состояние. Это обеспечивает им способность переносить раннезимние морозы до $-25,0^{\circ}\text{C}$ в начале декабря без повреждений генеративных и вегетативных почек, а также коры, камбия и древесины однолетних побегов (таблица 7).

Таблица 7 – Степень подмерзания почек и тканей однолетних побегов сливы при $-25,0^{\circ}\text{C}$ (I компонент зимостойкости) после закалки (среднее за 2022...2024 гг.)

Сорт	Кора	Камбий	Древесина	Вегетативные почки	Доля погибших цветковых зачатков, %
Средний балл повреждения					
<i>P. domestica</i>					
Венгерка белорусская	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Венгерка заречная	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Евразия 21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Золотое руно	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stanley	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>P. × rossica</i>					
Ветразь	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Гек	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Злато скифов	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Кубанская комета	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>P. salicina</i>					
Неженка	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Орловская мечта	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сувенир Востока	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Скороплодная	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ЭЛС 18473	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Заключение

В результате искусственного промораживания показано, что изученные сорта сливы обладают высокой морозостойкостью при I компоненте зимостойкости.

На основе изучения интенсивности ПОЛ, активности антиоксидантного фермента каталаза и низкомолекулярных соединений (пролин и сахара) отмечена физиолого-биохимическая устойчивость к I компоненту зимостойкости у изученных сортов сливы, что согласуется с данными искусственного промораживания.

Таким образом, результаты изучения модификаций в антиоксидантной системе защиты, в белково-углеводном обмене и накопления продуктов липопероксидации клеточных мембран могут использоваться для выявления особенности формирования морозостойкости в раннезимний период и в качестве диагностических критериев оценки устойчивости сортов сливы к низкотемпературному стрессу. Полученные результаты дают возможность использовать изученные сорта сливы разного генетического происхождения в селекционном процессе, как источники признаков устойчивости к раннезимнему морозу.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации FGZS-2022-0008.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Гасымов Ф.М. Изучение сортов сливы по компонентам зимостойкости в полевых условиях Южного Урала // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных, овощных культур и картофеля. Челябинск: ФГБНУ ЮНИИСК. 2017. 19. 70-76. <https://www.elibrary.ru/ymqavb>
2. Данилова А.А., Кичина В.В. Динамика морозоустойчивости яблони в раннезимний период в условиях Подмосковья // Садоводство и виноградарство. 2009. 4. 10-14. <https://www.elibrary.ru/kxpqdr>
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351
4. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430.
5. Колупаев Ю.Е., Трунова Т.И. Особенности метаболизма и защитные функции углеводов растений в условиях стрессов // Физиология и биохимия растений. 1992. 24, 6. 523-531.
6. Кузнецов В.В. Физиология растений. М.: Высшая школа, 2005. 736.
7. Матвеев В.А., Волот В.С., Васильева М.Н. Генетический потенциал устойчивости сливы к стрессовым факторам зимнего периода // Плодоводство. 2011. 23. 114-120. <https://fruit.belal.by/jour/article/view/508/507>
8. Ожерельева З.Е., Ряполова И.Н. Изучение зимостойкости сливы методом искусственного промораживания // Аграрный вестник Урала. 2010. 6. 49-50. <https://www.elibrary.ru/msxxet>
9. Прудников П.С., Гуляева А.А. Влияние гипертермии на гормональную систему и антиоксидантный статус *Prunus cerasus* L. // Современное садоводство. 2015. 3. 37-44. <https://www.elibrary.ru/ulqlvz>
10. Прудников П.С., Кривушина Д.А., Ожерельева З.Е., Гуляева А.А. Действие отрицательной температуры на активность компонентов антиоксидантной системы и интенсивность ПОЛ *Prunus avium* L. // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2017. 31. 1256-1260. <https://www.elibrary.ru/ypivuv>

11. Прудников П.С., Ожерельева З.Е. Физиолого-биохимические методы диагностики устойчивости плодовых культур к засухе и гипертермии: метод. рекомендации. Орёл: ВНИИСПК, 2019. 46. <https://www.elibrary.ru/bmshhw>
12. Резвякова С.В. Экологическое обоснование выбора режимов искусственного промораживания плодово-ягодных культур в условиях ЦЧР // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2011. 3. 26-28. <https://www.elibrary.ru/ponlpv>
13. Савельев Н.И., Юшков А.Н., Савельева Н.Н., Земисов А.С., Чивилев В.В., Кириллов Р.Е., Акимов М.Ю., Гладышева М.Б., Кружков Ал.В., Конюхова А.А., Чмир Р.А., Богданов Р.Е., Кружков Ан.В. Генетический потенциал устойчивости плодовых культур к абиотическим стрессорам. Мичуринск: ФНЦ им. И.В. Мичурина, 2010. 212. <https://www.elibrary.ru/qlbuzl>
14. Солонкин А.В., Никольская О.А., Киктева Е.Н. Изучение компонентов зимостойкости сливы различного происхождения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. 2. 96-104. <https://www.elibrary.ru/foybzl>
15. Спивак С.Г., Бердичевец И.Н., Литвиновская Р.П., Драч С.В., Картель Н.А., Шпаковский Г.В. Некоторые особенности метаболизма стероидов в трансгенных растениях табака *Nicotiana tabacum*, несущих кДНК СУР11А1 цитохрома р450_{sc} из коры надпочечников быка // Биоорганическая химия. 2010. 36, 2. 241-250. <https://www.elibrary.ru/lojpvj>
16. Стальная И.Д., Гаришвили Т.Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты // Современные методы в биохимии / под ред. В.Н. Ореховича. М.: Медицина, 1977. С. 66-68.
17. Туманов И.И. Физиологические основы зимостойкости культурных растений. М.; Л.: Сельхозгиз, 1940. 368 с.
18. Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкости растений. М.: Наука, 1979. 352 с.
19. Туркина М.В., Соколова С.В. Изучение мембранного транспорта сахарозы в растительной ткани // Физиология растений. 1972. 19, 5. 912-919.
20. Тюрина М.М. Итоги тридцатилетних исследований физиологии зимостойкости плодовых и ягодных растений и разработка методов ее диагностики // Достижения в плодоводстве в Нечерноземной зоне РСФСР. М., 1991. 5-17.
21. Тюрина М.М., Гоголева Г.А., Ефимова Н.В., Голоулина Л.К., Морозова Н.Г., Эчеиди Й.Й., Волков Ф.А., Арсентьев А.П., Матяш Н.А. Определение устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях. М.: ВСТИСП, 2002. 119.
22. Федотова И.Э., Острикова О.В., Колесникова А.Ф. Изучение компонентов зимостойкости сортов сливы в зависимости от видового происхождения в условиях контролируемого режима // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. 2015. 4. 261-265. <https://www.elibrary.ru/uzdgaz>
23. Хозеева Е.В., Зими́на Ю.А., Срослова Г.А. Окислительный стресс растений: химия, физиология, способы защиты // Природные системы и ресурсы. 2020. 10, 4. 30-43. <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2020.4.4>
24. Шиманов В.Г., Мукимов Т.Х., Кучинский С.Ю., Аслидинов С.Д., Халиков Р.А. Патент № 2027171. Способ определения активности каталазы в биологических объектах. 1995. <https://www.elibrary.ru/kfkikh>
25. Bates L.S., Waldren R.P., Teare I.D. Rapid Determination of Free Proline for Water Stress Studies // Plant and Soil. 1973. 39. 205-207. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00018060>

26. Jahed K.R., Saini A.K., Sherif S.M. Coping with the cold: unveiling cryoprotectants, molecular signaling pathways, and strategies for cold stress resilience // *Frontiers in Plant Science*. 2023. 14. 1246093. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1246093>
27. Satyakam G.Z., Singh R.K., Kumar R. Cold adaptation strategies in plants – An emerging role of epigenetics and antifreeze proteins to engineer cold resilient plants // *Frontiers in Genetics*. 2022. 13. 909007. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.909007>

References

1. Gasymov, F.M. (2017). Study of variety grapes on components of winter resistance in field conditions of South Ural. In *Breeding, seed production and technology of fruit and berry, vegetable crops and potatoes* (Vol. 19, pp. 70-76). South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing. <https://www.elibrary.ru/ymqavb>. (In Russian, English abstract).
2. Danilova, A.A., & Kichina, V.V. (2009). Dynamics of frost resistance of apple trees in the early winter period in the Moscow region. *Horticulture and Viticulture*, 4, 10-14. <https://www.elibrary.ru/kxpqdr>. (In Russian, English abstract).
3. Dospekhov, B.A. (1985). *Method of field experiment*. Agropromizdat. (In Russian).
4. Ermakov, A.I., Arasimovich, V.V., Yarosh, N.P., Peruansky, Yu.V., Lukovnikova, G.A., & Smirnova-Ikonnikova, M.I. (1987). *Methods for the Biochemical Analysis of Plants*. Agropromizdat. (In Russian).
5. Kolupaev, Yu.E., & Trunova, T.I. (1992). Properties of metabolism and protective functions of plant carbohydrates under stress conditions. *Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants*, 24(6), 523-531. (In Russian).
6. Kuznetsov, V.V. (2005). *Plant physiology*. Vysshaya shkola. (In Russian).
7. Matveev, V.A., Volot, V.S., & Vasilyeva, M.N. (2011). The genetic potential of plum resistance to winter stress factors. *Fruit growing*, 23, 114-120. <https://fruit.belar.by/jour/article/view/508/507> (In Russian, English abstract).
8. Ozherelieva, Z.E., & Ryapolova, I.N. (2010). Study of plum winter hardiness by artificial freezing. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 6, 49-50. <https://www.elibrary.ru/msxxet>. (In Russian).
9. Prudnikov, P.S., & Gulyaeva, A.A. (2015). Features of hyperthermia effect on hormonal system and antioxidant status of *Prunus cerasus* L. *Contemporary Horticulture*, 3, 37-44. <https://www.elibrary.ru/ulqlvz>. (In Russian, English abstract).
10. Prudnikov, P.S., Krivushina, D.A., Ozherelieva, Z.E., & Gulyaeva, A.A. (2017). The effect of the author's program on real competitors. antioxidant system and intentional lipid peroxidation of *Prunus avium* L. *Scientific and methodological electronic journal "Concept"*, 31, 1256-1260. <https://www.elibrary.ru/ypivuv>. (In Russian).
11. Prudnikov, P.S., & Ozherelieva, Z.E. (2019). *Physiological and Biochemical Methods for Diagnosing the Resistance of Fruit Crops to Drought and Hyperthermia*. VNIISPK. <https://www.elibrary.ru/bmshhw>. (In Russian).
12. Rezvyakova, S.V. (2011). Ecological justification of the choice of artificial freezing regimes for fruit and berry crops in the conditions of the Central forest. *Bulletin of the Orel State Agrarian University*, 3, 26-28. <https://www.elibrary.ru/ponlpv>. (In Russian, English abstract).
13. Saveliev, N.I., Yushkov, A.N., Savelieva, N.N., Zemisov, A.S., Chivilev, V.V., Kirillov, R.E., Akimov, M.Yu., Gladysheva, M.B., Kruzhkov, A.I., Konyukhova, A.A., Chmir, R.A., Bogdanov, R.E., & Kruzhkov, A.B. (2010). *The Genetic Potential of Resistance of Fruit Crops to Abiotic Stressors*. I.V. Michurin Federal Research Center. <https://www.elibrary.ru/qlbuzl>. (In Russian).
14. Solonkin, A.V., Nikolskaya, O.A., & Kikteva, E.N. (2020). Study of components of winter resistance of plum of different origin. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex*:

- Science and Higher Education*, 2, 96-104. <https://www.elibrary.ru/foybzl>. (In Russian, English abstract).
15. Spivak, S.G., Berdichevets, I.N., Litvinovskaya, R.P., Drach, S.V., Kartel, N.A., & Shpakovski, G.V. (2010). Some Peculiarities of Steroid Metabolism in Transgenic *Nicotiana tabacum* Plants Bearing the CYP11A1 cDNA of Cytochrome P450_{SCC} from the Bovine Adrenal Cortex. *Bioorganicheskaya Khimiya*, 36(2), 241-250. <https://www.elibrary.ru/lojpvj>. (In Russian, English abstract).
 16. Stalnaya, I.D., & Garishvili, T.G. (1977). Method for the determination of malonic dialdehyde using thiobarbituric acid. In V.N. Orekhovich (Eds.), *Modern methods in biochemistry* (pp. 66-68). Medicine. (In Russian).
 17. Tumanov, I.I. (1940). *The physiological foundations of winter hardiness of cultivated plants*. Selkhozgiz. (In Russian).
 18. Tumanov, I.I. (1979). *Physiology of hardening and frost resistance of plants*. Nauka. (In Russian).
 19. Turkina, M.V., & Sokolova, S.B. (1972). Study of membrane transport of sucrose in plant tissue. *Russian Journal of Plant Physiology*, 19(5), 912-919. (In Russian).
 20. Tyurina, M.M. (1991). The results of thirty years of research on the physiology of winter hardiness of fruit and berry plants and the development of methods for its diagnosis. *Achievements in fruit growing in the Non-Chernozem zone of the RSFSR* (pp. 5-17). Moscow. (In Russian).
 21. Tyurina, M.M., Gogoleva, G.A., Efimova, N.V., Goloulina, L.K., Morozova, N.G., Echedi, Y.Y., Volkov, F.A., Arsentiev, A.N., & Matyash, N.A. (2002). *Determination of the resistance of fruit and berry crops to the stressors of the cold season in field and controlled conditions*. VSTISP. (In Russian).
 22. Fedotova, I.E., Ostricova, O.V., & Kolesnikova, A.F. (2015). Studying of components of winter hardiness of grades of plum depending on a specific origin in the conditions of the controlled mode. *Scientific notes of Orel State University*, 4, 261-265. <https://www.elibrary.ru/uzdgaz>. (In Russian, English abstract).
 23. Khozeeva, E.V., Zimina, Yu.A., & Sroslova, G.A. (2020). Oxidative stress of plants: chemistry, physiology, methods of protection. *Natural Systems and Resources*, 10(4), 30-43. <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2020.4.4> (In Russian, English abstract).
 24. Shimanov, V.G., Mukimov, T.Kh., Kuchinsky, S.Yu., Aslidinov, S.D., & Khalikov, R.A. (1995). *Method of catalase activity assay in biological objects* (Patent No. 2027171) <https://www.elibrary.ru/kfkikh>. (In Russian, English abstract).
 25. Bates, L.S., Waldren, R.P., & Teare, I.D. (1973). Rapid Determination of Free Proline for Water Stress Studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00018060>
 26. Jahed, K.R., Saini, A.K., & Sherif, S.M. (2023). Coping with the cold: unveiling cryoprotectants, molecular signaling pathways, and strategies for cold stress resilience. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1246093. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1246093>
 27. Satyakam, G.Z., Singh, R.K., & Kumar, R. (2022). Cold adaptation strategies in plants – An emerging role of epigenetics and antifreeze proteins to engineer cold resilient plants. *Frontiers in Genetics*, 13, 909007. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.909007>

Авторы

Анжелика Олеговна Болгова, аспирант, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, bolgova@orel.vniispk.ru
ORCID: 0000-0002-5917-7308
SPIN: 1903-1469

Зоя Евгеньевна Ожерельева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, ozherelieva@orel.vniispk.ru
ORCID: 0000-0002-1730-4073
SPIN: 2835-8790

Authors

Angelika Bolgova, Postgraduate Student, Junior Research in Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК), bolgova@orel.vniispk.ru
ORCID: 0000-0002-5917-7308
SPIN: 1903-1469

Zoya Ozherelieva, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher in Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPК), ozherelieva@orel.vniispk.ru
ORCID: 0000-0002-1730-4073
SPIN: 2835-8790

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 581.132:631.526.32:504.3

Оценка устойчивости сортов и форм декоративной яблони к загрязнению воздуха

А.Н. Юшков¹ , Н.В. Борzych¹

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина», 393770, ул. Мичурина, 30, г. Мичуринск, Тамбовская область, Россия, info@fnc-mich.ru

Аннотация

В работе представлена оценка устойчивости различных сортов и форм декоративной яблони (*Malus spp.*) к загрязнению воздуха аммиаком и диоксидом серы. Исследования проведены с использованием метода визуализации индуцированной флуоресценции хлорофилла, который позволяет выявлять угнетение фотосинтетической активности на ранних стадиях воздействия газообразных загрязнителей. Объектами исследования являлись отечественные и зарубежные сорта декоративной яблони и контрольные сорта Антоновка обыкновенная, Лигол. Для моделирования условий загрязнения воздуха использовали герметичные камеры, в которых на растения воздействовали диоксидом серы (20 мг/м³) и аммиаком (40 мг/м³) с экспозицией 10 минут. Визуализация индуцированной флуоресценции хлорофилла позволила одновременно анализировать несколько объектов, учитывая их пространственную неоднородность. Метод продемонстрировал высокую чувствительность и эффективность для выделения устойчивых генотипов декоративной яблони к загрязнению воздуха. Изменения фотосинтетической активности оценивали по показателям максимального квантового выхода фотосистемы II (Fv/Fm) и эффективного квантового выхода (Y(II)) с использованием флуориметра Imaging-PAM. Результаты исследований показали, что эффективный квантовый выход, который являлся в рассматриваемом опыте наиболее чувствительным параметром, демонстрировал, как правило, значительное снижение в обработанных образцах. Наибольшая устойчивость к воздействию обоих газов выявлена у сорта Prairie Fire, высокая чувствительность отмечена у сортов Кармелита, Лигол и др., где снижение Y(II) было максимальным. Полученные данные подчеркивают значительную вариабельность устойчивости сортов к загрязнителям, что открывает перспективы для селекционного отбора и использования устойчивых форм в озеленении городской среды. На основании результатов исследования сорт Prairie Fire рекомендуется для использования в экологических программах, направленных на улучшение качества атмосферного воздуха.

Ключевые слова: декоративная яблоня, газоустойчивость, фотосинтез, флуоресценция хлорофилла, эффективный квантовый выход

The assessment of ornamental apple cultivars and forms resistance to air pollution

A.N. Yushkov¹ , N.V. Borzykh¹

¹I.V. Michurin Federal Scientific Center, 393770, ul. Michurina, 30, Michurinsk, Tambov region, Russia, info@fnc-mich.ru

Abstract

The study evaluates the resistance of various cultivars and forms of ornamental apple trees (*Malus spp.*) to air pollution caused by ammonia and sulfur dioxide. The research was conducted using the method of chlorophyll fluorescence imaging, which enabled early detection of photosynthetic activity suppression caused by gaseous pollutants. The study objects included domestic and foreign ornamental apple cultivars, as well as control cultivars Antonovka and Ligol.

To simulate air pollution conditions, sealed chambers were used, where the plants were exposed to sulfur dioxide (20 mg/m^3) and ammonia (40 mg/m^3) for 10 minutes. Chlorophyll fluorescence imaging allowed for the simultaneous analysis of multiple samples, considering their spatial heterogeneity. The method demonstrated high sensitivity and effectiveness in identifying resistant ornamental apple genotypes to air pollution. Changes in photosynthetic activity were assessed through the maximum quantum yield of photosystem II (F_v/F_m) and the effective quantum yield ($Y(II)$) using an Imaging-PAM fluorimeter. The results indicated that the effective quantum yield, the most sensitive parameter in the experiment, generally showed significant reductions in treated samples. The highest resistance to both gases was observed in cv. *Prairie Fire*, while high sensitivity was noted in such cultivars as *Carmelita*, *Ligol*, and others, which exhibited the greatest reduction in $Y(II)$. These findings highlight the significant variability in cultivar resistance to pollutants, opening opportunities for selective breeding and the use of resistant forms in urban greening. Based on the study's results, cv. *Prairie Fire* is recommended for use in ecological programs aimed at improving air quality.

Key words: ornamental apple tree, air pollution tolerance, photosynthesis, chlorophyll fluorescence, effective quantum yield

Введение

Устойчивость растений к загрязнению атмосферного воздуха является одним из ключевых факторов, определяющих их жизнеспособность и декоративность в условиях городской среды. Промышленные предприятия, производство энергии и транспортные системы остаются основными источниками загрязнителей воздуха, таких как твердые частицы, диоксид серы, оксиды азота и озон. Эти вещества могут серьезно нарушать физиологические процессы, замедлять рост растений и оказывать негативное воздействие на экосистемы в целом, что требует разработки эффективных стратегий для минимизации вредного воздействия. Базы данных ВОЗ по качеству окружающего воздуха свидетельствуют, что почти все население мира (99%) дышит воздухом, который не обладает необходимым качеством, что приводит к повышенным рискам для здоровья, связанным с сердечно-сосудистыми и респираторными заболеваниями (WHO global air quality guidelines, 2021). Зелёные насаждения играют важнейшую роль в поддержании его чистоты, поглощая загрязнители, снижая концентрации парниковых газов и улучшая биоразнообразие городских территорий (Safeena et al., 2021; Salsabila et al., 2022; Han et al., 2022).

Декоративные растения, такие как яблони (*Malus spp.*), являются неотъемлемым элементом благоустройства городской среды, способствуя её эстетической привлекательности и комфорту. Одновременно они выполняют роль природных фильтров, эффективно очищающих воздух. Однако успешное использование декоративных яблонь в озеленении возможно только при условии отбора сортов и форм, устойчивых к воздействию загрязнённого воздуха. Яблони отличаются огромным разнообразием генотипов, что открывает перспективы для идентификации и использования наиболее устойчивых форм в целях экологизации урбанизированных территорий.

Несмотря на существенный прогресс в изучении механизмов газоустойчивости растений, многие аспекты всё ещё остаются недостаточно изученными или вызывают научные дискуссии. Например, пути, посредством которых загрязнители вызывают окислительный стресс, изменяют эффективность фотосинтеза и нарушают метаболическую стабильность, сложны и многообразны, что требует дальнейших исследований (Zhang et al., 2016; Leppälä et al., 2022; Molina, Segura, 2021; Antenzio et al., 2024). Критический пробел заключается в стандартизации методов оценки устойчивости растений к загрязнению воздуха, особенно в условиях, максимально приближенных к реальным.

Научные исследования, направленные на оценку устойчивости декоративных растений к загрязнению воздуха, базируются на изучении физиологических и биохимических показателей, отражающих стрессовые реакции растений. Одним из таких методов является расчёт индекса толерантности к загрязнению воздуха (АРТИ), который учитывает содержание аскорбиновой кислоты, уровень хлорофилла, относительное содержание воды и кислотность листового экстракта. Этот индекс широко применяется для оценки устойчивости растений в полевых и лабораторных условиях (Kour, Adak, 2023). Несмотря на отмечаемую эффективность данной методики исследователи заинтересованы в более простом и быстром способе подбора устойчивого сорта.

Современные методы, такие как визуализация флуоресценции хлорофилла, значительно расширили возможности исследования стрессовых реакций растений, в том числе плодовых (Valcke, 2021; Rinmawii et al., 2024; Moustaka, Moustakas, 2023). Нами предложен способ оценки газоустойчивости древесных растений (Yushkov et al., 2024) путем искусственного моделирования загрязнения воздуха диоксидом серы или аммиаком с последующей регистрацией степени угнетения фотосинтетической активности листьев методом импульсной амплитудно-модулированной флуориметрии. Данный метод позволяет оперативно отследить изменения эффективности работы фотосистемы II и энергетического баланса в условиях воздействия загрязняющих веществ и оценить степень устойчивости растений к воздействию газов на ранних стадиях. Фотосистема II – функциональный комплекс электрон-транспортной цепи хлоропластов, который поглощая энергию света в ходе первичных фотохимических реакций, который через цепь окислительно-восстановительных реакций вызывает разложение воды и выделение кислорода.

Целью настоящей работы являлась оценка устойчивости сортов и форм декоративной яблони к загрязнению воздуха и выделение наиболее устойчивых генотипов путем визуализации физиологических изменений при моделировании стрессового воздействия.

Материалы и методы

Исследования проводились на базе лаборатории физиологии устойчивости и геномных технологий, входящей в состав Селекционно-генетического центра им. И.В. Мичурина с 2019 по 2024 годы. Насаждения расположены в городе Мичуринске Тамбовской области, в качестве биологических объектов использованы сорта декоративной яблони отечественной и зарубежной селекции (11 генотипов), входящие в генетическую коллекцию селекционного центра. Контрольными сортами служили Антоновка обыкновенная и Лигол. Возраст растений – 10 лет.

Для флуоресцентного анализа использовали метод импульсной амплитудно-модулированной флуориметрии (Schreiber, 2004) с применением хлорофиллфлуориметра Imaging-PAM и программного обеспечения Imaging Win (Imaging-PAM M-series Chlorophyll Fluorometer. Instrument description and information for users 2.152 / 07.06 9. Revised Edition, 2019).

Перед началом измерений образцы растений подвергали темновой адаптации в течение 30 мин. Далее на них воздействовали насыщающими вспышками света в режиме «световой кривой». Всего использовалось 12 насыщающих импульсов, каждый из которых длился 720 мс (60 мс на один импульс с интервалами в 20 секунд, интенсивность света составляла 2700 мкмоль/м²·с). Параметры измерительного света были следующими: интенсивность – 0,5 мкмоль/м²·с, частота – 1 Гц. Измерительный свет и насыщающие вспышки осуществляли 4 группы по 8 светодиодов синего цвета (длина волны 450 нм).

Флуоресцентные параметры анализировали по следующим показателям:

- максимальная квантовая эффективность фотохимических реакций фотосистемы II

(Fv/Fm) – нормализованное отношение, полученное путем деления переменной флуоресценции на максимальную флуоресценцию (коэффициент, представляющий максимальную потенциальную квантовую эффективность фотосистемы II, когда все реакционные центры открыты);

- эффективный квантовый выход фотосистемы II ($Y(II)$), представляет собой долю фотонов падающего света, которые фактически используются для фотохимических процессов. Это ключевой фактор, определяющий эффективность фотосинтеза и продуктивность сельскохозяйственных культур. Методика расчета этих показателей подробно описана в обзоре У. Шрайбера (2004).

В рамках эксперимента проводилось искусственное моделирование загрязнения воздуха диоксидом серы и аммиаком. Испытания проводили в герметичной камере объемом 0,23 м³, где в стаканчиках (50 мл) с дистиллированной водой (10 мл) размещали по 5 типичных листьев растений, взятых со средней части однолетних побегов. Отбор проб проводили в середине вегетационного периода (конец июня – июль) во время интенсивного роста побегов. Было проведено три серии экспериментов. Сбор листьев без признаков повреждения болезнями и вредителями осуществляли не менее чем с трех деревьев каждого сорта. Повторность опыта трехкратная. Данные представлены как среднее арифметическое и его стандартное отклонение. В контрольном варианте использовались листья, не подвергавшиеся действию газа. В качестве критерия восприимчивости растений к токсическому воздействию использовался уровень изменения показателей индуцированной флуоресценции в опытном варианте по сравнению с контрольным, рассчитанный в процентах.

Экспериментальные варианты включали:

- воздействие сернистым газом в концентрации 20 мг/м³, экспозиция 10 минут;
- воздействие аммиаком в концентрации 40 мг/м³, экспозиция 10 минут.

Концентрации загрязняющих веществ подбирались опытным путём, чтобы обеспечить оперативное получение реакции фотосинтетического аппарата растений при минимизации риска летальных повреждений тканей.

Обработку данных результатов исследований производили с помощью статистических пакетов программного обеспечения Microsoft Excel 2010 и Statistica 10 для Windows.

Результаты и их обсуждение

Яблоню характеризуют как среднеустойчивый вид среди древесных растений (Николаевский, 1979). Визуальная оценка максимального квантового выхода фотосистемы II (Fv/Fm) выявила отсутствие заметных различий между контрольными и обработанными образцами листьев различных генотипов после моделирования условий загазованности (рисунок 1).

У всех изученных образцов диоксид серы и аммиак не оказали заметного влияния на этот параметр, который считается одним из наиболее информативных и широко применяется для диагностики воздействия стрессовых факторов.

Зафиксированные колебания величины максимального квантового выхода при моделировании загрязнения воздуха оказались незначительными. Его значения снижались в опытном образце по сравнению с контролем от 1,1 (Ola, *M. pumila* var. *pendula*) до 6,3% (Малиновое ожерелье, Prairie Fire). Таким образом, использование для диагностики стресса, индуцированного загрязнением воздуха, показателя максимального квантового выхода не было достаточно эффективным.

Проведенные исследования подтвердили, что у всех изученных генотипов моделирование загрязнения воздуха достоверно (различия существенны при $P < 0,05$)

влияло на параметры эффективного квантового выхода фотосистемы II ($Y(II)$). В этом случае между флуоресцентными изображениями контрольных и опытных образцов листьев, наблюдались четкие различия (рисунок 2).

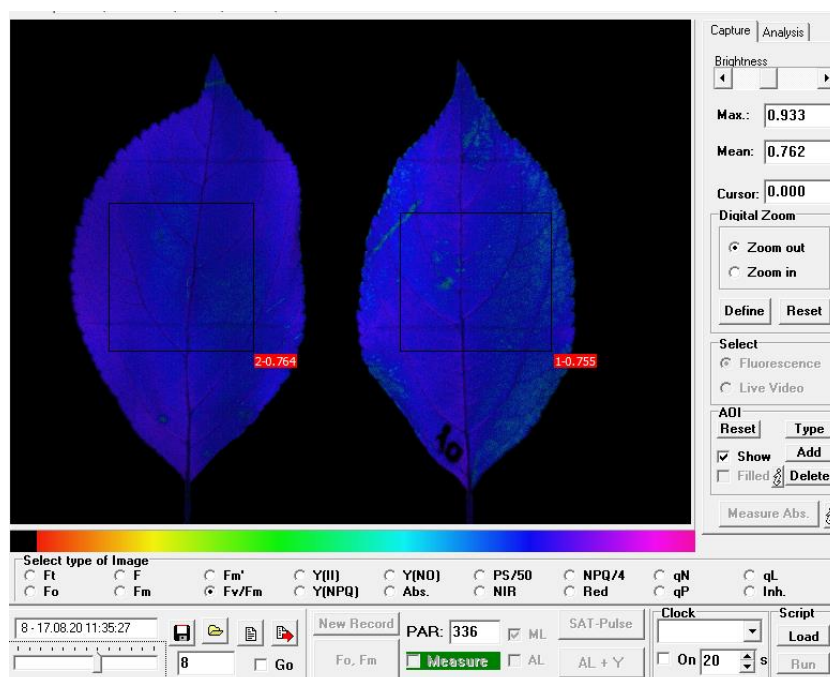


Рисунок 1 – Флуоресцентные изображения листьев сорта Комсомолец, максимальный квантовый выход фотосистемы II (слева контрольный вариант; справа опытный – после моделирования загрязнения воздуха диоксидом серы)

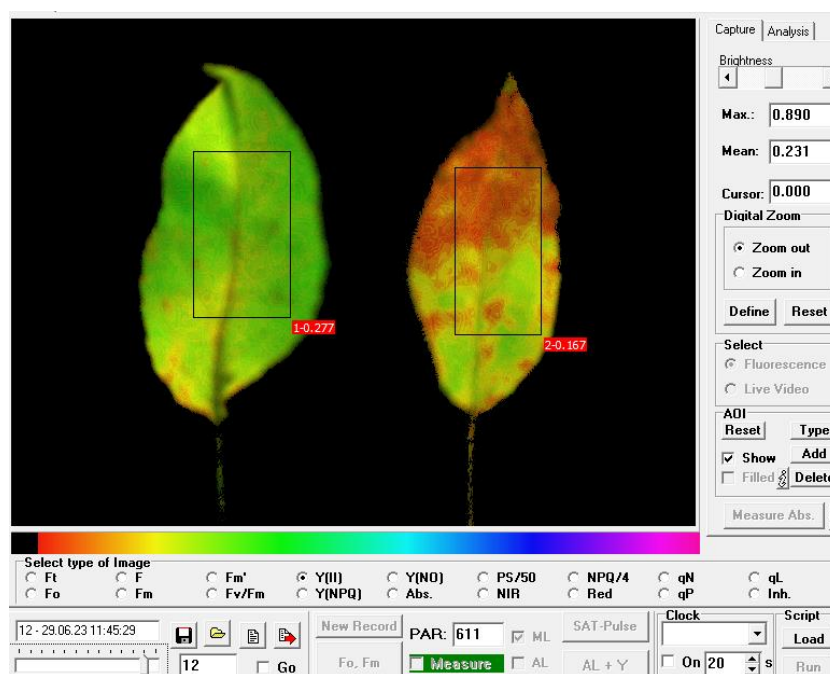


Рисунок 2 – Флуоресцентные изображения листьев сорта Малиновое ожерелье, эффективный квантовый выход фотосистемы II (слева контрольный вариант; справа опытный – после моделирования загрязнения воздуха диоксидом серы)

Контрольные листья, не подвергавшиеся воздействию загрязнителей, сохраняли стабильные значения параметров фотосинтеза, в то время как на флуоресцентных изображениях опытных образцов, обработанных диоксидом серы или аммиаком, были зафиксированы значительные изменения. При этом в диапазоне видимого света повреждений тканей не отмечалось, что позволяет предположить сохранение физиологической активности листовых пластинок и обратимость повреждений (рисунок 3).



Рисунок 3 – Листья контрольного сорта яблони Антоновка обыкновенная в видимом диапазоне (слева контрольный вариант; справа опытный – после моделирования загрязнения воздуха диоксидом серы)

Сравнительная оценка газоустойчивости исследуемых форм была произведена на основе расчета величины снижения эффективного квантового выхода под воздействием соответствующего стрессора (таблица 1).

Таблица 1 – Снижение фотосинтетической активности листьев яблони (эффективного квантового выхода фотосистемы II) под влиянием диоксида серы и аммиака

Сорт, форма яблони	Изменение эффективного квантового выхода фотосистемы II по сравнению с контролем, %, 40 мг/м ³ NH ₃ , 10 минут	Изменение эффективного квантового выхода фотосистемы II по сравнению с контролем, %, 20 мг/м ³ SO ₂ , 10 минут
Brandy Magic	3,3±0,15	-41,2±0,39
Prairie Fire	0,9±0,04	-4,0±0,29
Малиновое ожерелье	0,4±0,04	-41,8±0,72
Ola	-2,7±0,2	-43,5±0,32
Комсомолец	-3,9±0,13	-25,4±1,24
<i>M. pumila</i> var. <i>pendula</i>	-5,9±0,35	-20,7±0,64
Звезда	-5,9±0,06	-28,9±0,72
Манящий аромат	-7,1±0,06	-44,0±0,50
<i>M. sargentii</i>	-19,6±0,15	-18,2±0,39
Лигол (к)	-19,9±0,19	-31,9±0,35
Антоновка обыкновенная (к)	-20,4±0,33	-9,6±0,22
Кармелита	-25,0±0,59	-33,8±0,15

На основании данных, представленных в таблице 1, можно сделать выводы о степени устойчивости различных сортов и форм декоративной яблони к воздействию диоксида серы и аммиака, оцениваемой через снижение эффективного квантового выхода фотосистемы II. Снижение фотосинтетической активности под воздействием аммиака варьировало в пределах от 0,4% у сорта Малиновое ожерелье до 25,0% у сорта Кармелита. Минимальные изменения наблюдались также у сортов Prairie Fire (0,9%) и Brandy Magic (3,3%), что свидетельствует о высокой устойчивости этих сортов к данному загрязнителю. Напротив, сорта Кармелита (25,0%) и Антоновка обыкновенная (20,4%) продемонстрировали максимальную восприимчивость.

Под воздействием диоксида серы снижение квантового выхода было более выраженным. Минимальные изменения наблюдались у форм Prairie Fire (4,0%), Антоновка обыкновенная (9,6%) и *M. pumila* var. *pendula* (20,7%), что позволяет классифицировать эти сорта как устойчивые к этому стрессору. Максимальное угнетение фотосинтетической активности выявлено у сортов Манящий аромат (44,0%), Ola (43,5%) и Малиновое ожерелье (41,8%).

Сорт Prairie Fire выделяется как наиболее устойчивый к обоим видам загрязнителей, демонстрируя минимальные изменения фотосинтетической активности (0,9% для диоксида серы и 4,0% для аммиака). Формы Кармелита, Лигол (к) напротив, показали наибольшее снижение фотосинтетической активности под воздействием использованных в опыте газов, указывая на их более высокую чувствительность.

Заключение

Таким образом, метод визуализации индуцированной флуоресценции хлорофилла продемонстрировал высокую чувствительность и информативность для оценки степени угнетения фотосинтетической активности у декоративной яблони на ранних стадиях воздействия газообразных загрязнителей воздуха, таких как диоксид серы и аммиак. Данный подход позволяет одновременно проводить сравнительный анализ нескольких растительных объектов, учитывая их пространственную неоднородность. Изучение динамики показателя эффективного квантового выхода фотосистемы II ($Y(II)$) в режиме «световой кривой» обеспечило четкое разделение контрольных и обработанных образцов листьев. Это подтверждает перспективность метода для диагностики воздействия загрязнителей атмосферы на растения и выделения устойчивых генотипов для использования в условиях городской среды.

Представленные данные подтверждают значительную вариабельность устойчивости сортов декоративной яблони к загрязнению воздуха, что открывает перспективы для отбора наиболее устойчивых генотипов в целях использования их в условиях городской среды. Сорт Prairie Fire выделен, как наиболее устойчивый к обоим видам загрязнителей, т.к. у него зафиксированы минимальные изменения фотосинтетической активности. Дальнейшее изучение физиологических и биохимических механизмов устойчивости позволит оптимизировать селекционные программы и повысить эффективность озеленения.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «FGSU-2022-0002 Разработать модели идеального сорта по основным промышленным садовым культурам, усовершенствовать методы направленной и маркер-опосредованной селекции и на их основе создать новые генотипы с повышенной устойчивостью к комплексу биотических и абиотических стрессоров, с высокой продуктивностью и улучшенным качеством плодов, конкурентоспособных на российском и мировом рынках»

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1979. 280 с.
2. Antenozio M.L., Caissutti C., Caporusso F.M., Marzi D., Brunetti P. Urban air pollution and plant tolerance: omics responses to ozone, nitrogen oxides, and particulate matter // *Plants*. 2024. 13, 15. 2027. <https://doi.org/10.3390/plants13152027>
3. Han Y., Lee J., Haiping G., Kim K.H., Wanxi P., Bhardwaj N., Oh J.M., Brown R.J.C. Plant-based remediation of air pollution: A review // *Journal of Environmental Management*. 2022. 301. 113860. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113860>
4. Imaging-PAM M-series Chlorophyll Fluorometer. Instrument description and information for users 2.152 / 07.06 9. Revised Edition. 2019
5. Kour N., Adak P. Role of air pollution tolerance index (APTI) method for green belt development: a review // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2023. 195, 7. 856. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11424-1>
6. Leppälä J., Gaupels F., Xu E., Morales L.O., Durner J., Brosché M. Ozone and nitrogen dioxide regulate similar gene expression responses in arabidopsis but natural variation in the extent of cell death is likely controlled by different genetic loci // *Frontiers in Plant Science*. 2022. 13. 994779. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.994779>
7. Molina L., Segura A. Biochemical and metabolic plant responses toward polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals present in atmospheric pollution // *Plants*. 2021. 10. 2305. <https://doi.org/10.3390/plants10112305>
8. Moustaka J., Moustakas M. Early-stage detection of biotic and abiotic stress on plants by chlorophyll fluorescence imaging analysis // *Biosensors*. 2023. 13, 8. 796 <https://doi.org/10.3390/bios13080796>
9. Rinmawii L., Dhar S., Haokip S. Chlorophyll fluorescence imaging technique: Horticultural perspective // *Journal of Innovative Agriculture*. 2024. 11, 2. 11-16. <http://dx.doi.org/10.37446/jinagri/ra/11.2.2024.11-169>
10. Safeena S.A., Shilpa Shree K.G., P. Naveen Kumar, Tarak Nath Saha K.V. Prasad Studies for Determination of Air Pollution Tolerance Index of Ornamental Plant Species Grown in the Vertical Landscape System // *Biological Forum –An International Journal*. 2021. 13, 1. 388-399 <https://www.researchgate.net/publication/351579558>
11. Salsabila S.H., Kurniadie D., Withaningsih S. Evaluation of several plant species for the sustainability of green open spaces in three sectors // *Biodiversitas*. 2022. 23. 3861-3868. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230801>
12. Schreiber U. Pulse-Amplitude-Modulation (PAM) Fluorometry and Saturation Pulse Method: An Overview // *Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis* / Papageorgiou GC, Govindjee (Eds.). Dordrecht: Springer, 2004. 279-319. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3218-9_11
13. Valcke R. Can chlorophyll fluorescence imaging make the invisible visible? // *Photosynthetica*. 2021. 59, SI. 381-398. <http://dx.doi.org/10.32615/ps.2021.0177>
14. WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Bonn: World Health Organization, 2021. 300. PMID: 34662007
15. Yushkov A.N., Borzykh N.V., Saveleva N.N., Zemisov A.S., Chivilev V.V., Bogdanov R.E. Method for assessing the gas resistance of woody plants // *Journal of applied spectroscopy*. 2024. 90. 1255-1258. <https://doi.org/10.1007/s10812-024-01661-8>
16. Zhang P.Q., Liu Y.J., Chen X., Yang Z., Zhu M.H., Li Y.P. Pollution resistance assessment of existing landscape plants on Beijing streets based on air pollution tolerance index method //

Ecotoxicology and Environmental Safety. 2016. 132. 212-223.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.06.003>

References

1. Nikolaevsky, V.S. (1979). Biological bases of plant gas resistance. Science. (In Russian)
2. Antenzio, M.L., Caissutti, C., Caporusso, F.M., Marzi, D., & Brunetti, P. (2024). Urban air pollution and plant tolerance: Omics responses to ozone, nitrogen oxides, and particulate matter. *Plants*, 13(15), 2027. <https://doi.org/10.3390/plants13152027>
3. Han, Y., Lee, J., Haiping, G., Kim, K.H., Wanxi, P., Bhardwaj, N., Oh, J.M., & Brown, R.J.C. (2022). Plant-based remediation of air pollution: A review. *Journal of Environmental Management*, 301, 113860. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113860>
4. Heinz Walz GmbH. (2019). *Imaging-PAM M-series Chlorophyll Fluorometer: Instrument description and information for users (Version 2.152/07.06 9, Revised Edition)*.
5. Kour, N., & Adak, P. (2023). Role of air pollution tolerance index (APTI) method for green belt development: A review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(7), 856. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11424-1>
6. Leppälä, J., Gaupels, F., Xu, E., Morales, L.O., Durner, J., & Brosché, M. (2022). Ozone and nitrogen dioxide regulate similar gene expression responses in *Arabidopsis*, but natural variation in the extent of cell death is likely controlled by different genetic loci. *Frontiers in Plant Science*, 13, 994779. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.994779>
7. Molina, L., & Segura, A. (2021). Biochemical and metabolic plant responses toward polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals present in atmospheric pollution. *Plants*, 10, 2305. <https://doi.org/10.3390/plants10112305>
8. Moustaka, J., & Moustakas, M. (2023). Early-stage detection of biotic and abiotic stress on plants by chlorophyll fluorescence imaging analysis. *Biosensors*, 13(8), 796. <https://doi.org/10.3390/bios13080796>
9. Rinmawii, L., Dhar, S., & Haokip, S. (2024). Chlorophyll fluorescence imaging technique: Horticultural perspective. *Journal of Innovative Agriculture*, 11(2), 11-16. <http://dx.doi.org/10.37446/jinagri/ra/11.2.2024.11-169>
10. Safeena, S.A., Shilpa Shree, K.G., Naveen Kumar, P., & Tarak Nath Saha, K.V. (2021). Studies for determination of air pollution tolerance index of ornamental plant species grown in the vertical landscape system. *Biological Forum – An International Journal*, 13(1), 388-399. <https://www.researchgate.net/publication/351579558>
11. Salsabila, S.H., Kurniadie, D., & Withaningsih, S. (2022). Evaluation of several plant species for the sustainability of green open spaces in three sectors. *Biodiversitas*, 23, 3861-3868. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230801>
12. Schreiber, U. (2004). Pulse-amplitude-modulation (PAM) fluorometry and saturation pulse method: An overview. In G.C. Papageorgiou & Govindjee (Eds.), *Chlorophyll a fluorescence: A signature of photosynthesis* (pp. 279-319). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3218-9_11
13. Valcke, R. (2021). Can chlorophyll fluorescence imaging make the invisible visible? *Photosynthetica*, 59(SI), 381-398. <http://dx.doi.org/10.32615/ps.2021.0177>
14. World Health Organization (WHO). (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide* [Internet]. Geneva: WHO. PMID: 34662007.
15. Yushkov, A.N., Borzykh, N.V., Saveleva, N.N., Zemisov, A.S., Chivilev, V.V., & Bogdanov, R.E. (2024). Method for assessing the gas resistance of woody plants. *Journal of Applied Spectroscopy*, 90, 1255-1258. <https://doi.org/10.1007/s10812-024-01661-8>

16. Zhang, P.Q., Liu, Y.J., Chen, X., Yang, Z., Zhu, M.H., Li, Y.P. (2016). Pollution resistance assessment of existing landscape plants on Beijing streets based on air pollution tolerance index method. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 132, 212-223. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.06.003>

Авторы:

Андрей Николаевич Юшков, д.с.-х.н., зав. лабораторией физиологии устойчивости и геномных технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина», a89050489146@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-2180-0045
SPIN: 2987-1191

Надежда Вячеславовна Борzych, к.с.-х.н., в.н.с. лаборатории физиологии устойчивости и геномных технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина», n-bor@list.ru
ORCID: 0000-0003-4938-2743
SPIN: 1948-6372

Authors:

Andrey Yushkov, D.Sc. (Agriculture), Head of the Laboratory of Physiology of Resistance and Genomic Technologies, I.V. Michurin Federal Research Center, a89050489146@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-2180-0045
SPIN: 2987-1191

Nadezhda Borzykh, PhD in Agriculture, Leading Researcher of Physiology of Resistance and Genomic Technologies, I.V. Michurin Federal Research Center, n-bor@list.ru
ORCID: 0000-0003-4938-2743
SPIN: 1948-6372

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 58(470.57)

Итоги сортоизучения пионов селекции Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН

А.А. Реут¹ 

¹Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук», 450080, ул. Менделеева, 195, корпус 3, г. Уфа, Республика Башкортостан, Россия, botsad@anrb.ru

Аннотация

В статье приводятся краткие итоги многолетней селекционной работы с пионом гибридным в Южно-Уральском ботаническом саду-институте – обособленном структурном подразделении ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук». Представлена история развития селекции пиона. Сформулирована основная задача селекции: изучение интродуцированных отечественных и зарубежных культиваров, отбор лучших из них для создания собственных сортов, с высокой зимостойкостью, невосприимчивых к болезням и вредителям, с различными сроками цветения, укладывающимися в вегетационный период Республики Башкортостан. Даются характеристики 42 новых сортов пиона ('Аврора', 'Аркаим', 'Иремел', 'Людмила Миронова' и др.). Все новые сорта декоративных культур селекции ЮУБСИ УФИЦ РАН включены в Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию. На них получены патенты и авторские свидетельства. Новые сорта цветочно-декоративных растений рекомендованы для пополнения зонального ассортимента культивируемых растений Республики Башкортостан. Высокие декоративные и хозяйственно-ценные признаки полученных культиваров дают возможность использовать их в городском озеленении для оформления клумб, групповых посадок, массивов, бордюров, рабаток, а также использовать для срезки.

Ключевые слова: пион, свободное опыление, гибридизация, селекция, новые сорта, Республика Башкортостан

Results of the varietal study of peonies bred by South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Center of Russian Academy of Sciences

А.А. Reut¹ 

¹South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Center of Russian Academy of Sciences, 450080, Mendeleyev St., 195, building 3, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia, botsad@anrb.ru

Abstract

This paper presents brief results of many years of breeding work with hybrid peony in the South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Center of Russian Academy of Sciences. The history of the development of peony breeding is presented. The main task of breeding is formulated: study of introduced domestic and foreign cultivars, selection of the best of them for creating own varieties, with high winter hardiness, not susceptible to diseases and pests, and with different flowering periods fitting into the vegetation period of the Republic of Bashkortostan. The characteristics of 42 new peony cultivars are given ('Aurora', 'Arkaim', 'Iremel', 'Lyudmila Mironova', etc.). All new cultivars of ornamental crops bred by the SUBGI UFRC RAS are included in the State Register of Breeding Achievements Approved for Use. Patents and author's certificates have been received for them. New cultivars of ornamental plants are recommended for replenishing the zonal

assortment of cultivated plants in the Republic of Bashkortostan. High decorative and economically valuable features of the obtained cultivars make it possible to use them in urban landscaping for the design of flowerbeds, group plantings, arrays, borders, flower beds, alpine slides, and also to use them for cutting.

Key words: peony, open pollination, hybridization, breeding, new cultivars, Republic of Bashkortostan

Введение

В середине двадцатого века, примерно в 1950-х годах, в саду началась деятельность по селекции и выведению новых сортов декоративных травянистых культур. Первым специалистом, занимавшимся этой работой, стала Ольга Антоновна Кравченко.

Изучив существующую коллекцию тюльпанов и флоксов, О.А. Кравченко выделила экземпляры с наиболее выраженными декоративными качествами и ранним сроком цветения. От этих растений были получены гибридные семена путем свободного опыления.

Уже в 1961 году были отобраны наиболее многообещающие формы тюльпанов и флоксов, которые рассматривались в качестве потенциальных новых сортов (Абрамова и др., 2019).

В рамках исследований декоративных культур приоритетное внимание уделялось сортам и видам пионов, над которыми проводилась селекционная работа. Главной задачей являлось выведение сортов, адаптированных к климатическим условиям Башкортостана и отличающихся крупными, махровыми цветками уникальной формы и расцветки. Применяя методы свободного опыления и искусственной гибридизации (как между видами, так и между сортами), был сформирован обширный гибридный фонд пионов, насчитывающий свыше 800 сеянцев.

Из этого массива в 1965 году Республиканская экспертная комиссия отобрала 25 гибридов, претендующих на статус новых сортов. В 1969 году был произведен отбор еще 25 перспективных гибридных сеянцев. В период с 1970 по 1972 годы некоторые из полученных гибридов были переданы для прохождения государственного испытания (Шигапов и др., 2002).

О.А. Кравченко исследовала закономерности передачи по наследству ключевых характеристик видов и сортов. Установлено, что наиболее перспективным для селекционных целей является гибридизация элитных сортов пиона гибридного, либо полученных из них сеянцев первого поколения, с дикими видами.

В 1970 году, после выхода О.А. Кравченко на заслуженный отдых, её коллекция перешла в ведение Людмилы Семёновны Новиковой. Она продолжила расширять и анализировать гибридный генофонд пионов, а также заниматься размножением и направлением на государственные испытания гибридных сеянцев, отобранных в качестве потенциальных сортов (Миронова, Реут, 2017).

В 1974 году, после демонстрации одиннадцати гибридных сеянцев экспертной комиссии ВДНХ СССР, четыре из них были отмечены как перспективные и отправлены на государственные сортоиспытания. Два сеянца, получившие названия 'Апассионата' и 'Юбилей Революции', были признаны сортами и с 1986 года допущены к выращиванию в различных регионах РСФСР.

В 1988 году еще пять пионов-гибридов получили высокую оценку на выставке ВДНХ СССР, что позволило им в 1992 году быть представленными для прохождения государственного испытания. В 1998 году сеянцы под названиями 'Южный Урал', 'Утро Родины', 'Надежда' и 'Ветеран' были официально зарегистрированы как сорта (Миронова и

др., 2009). Все новые сорта пользовались широким спросом среди населения РБ и за ее пределами. По другим культурам селекционную работу не проводили.

Целью данного исследования является анализ и подведение кратких итогов многолетней селекционной работы с пионами в Южно-Уральском ботаническом саду-институте УФИЦ РАН.

Материалы и методы

Объектом исследования была изученная в течение длительного времени (1997...2024 гг.) коллекция травянистых пионов, насчитывающая более 700 таксонов отечественной и зарубежной селекции, прошедших изучение в открытом грунте в Южно-Уральском ботаническом саду-институте – обособленном структурном подразделении ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (далее ЮУБСИ УФИЦ РАН). Осуществлено изучение около 1000 селекционных сеянцев, полученных различными методами: индивидуального отбора сеянцев от свободного опыления внутри коллекции, гибридизации межвидовой и межсортовой (Клименко и др., 2022).

Оценку перспективных сеянцев осуществляли согласно пакету документов Государственной комиссии Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений (Оноприенко, 2022). Декоративные признаки оценивали по 100-балльной шкале согласно «Методике государственного сортоиспытания декоративных культур» (Селиверстова, Щегринцев, 2019). Окраску цветков определяли по цветовой шкале Королевского общества садоводов (RHS Colour Chart, 2007).

Результаты и их обсуждение

В конце 90-х годов XX века начинается новый исторический виток в работе с коллекцией пионов. Непосредственно при участии и под личным контролем кандидата сельскохозяйственных наук, заведующей лабораторией интродукции и селекции цветочных растений Людмилы Николаевны Мироновой коллекция была пополнена новыми видами и сортами, возобновлена интродукционная и селекционная работа (Миронова и др., 2006).

В 1997...2004 годах коллекцию пионов курировала кандидат биологических наук Ленвера Ахнафовна Тухватуллина (Миронова и др., 2004). Для пополнения фонда гибридных сеянцев Л.А. Тухватуллиной были собраны и высеяны в открытый грунт семена от свободного опыления 12 сортов: 'Adolphe Rousseau', 'Atrosamgiomea', 'Duchesse de Nemours', 'Felix Crousse', 'Festiva Maxima', 'Jeanne d'Arc', 'Karl Rosenfield', 'Mary Woodbury Shaylor', 'Mons. Jules Elie', 'Nigricans', 'Rosea Elegans', 'Юбилей Революции', а также от принудительного опыления 8 сортов: 'Avalanche', 'Felix Crousse', 'Francois Ortegat', 'Jeanne d'Arc', 'Mary Woodbury Shaylor', 'Mons. Jules Elie', 'Апассионата', 'Юбилей Революции'. В результате было выращено 507 сеянцев от принудительного опыления и 586 – от свободного опыления (Шигапов и др., 2002).

С 2003 года совместно с Л.А. Тухватуллиной, а с августа 2004 года селекцию и сортоизучение пионов ведёт куратор коллекции пионов ЮУБСИ УФИЦ РАН, кандидат биологических наук Антонина Анатольевна Реут. В 2005...2007 годах гибридные сеянцы достигли генеративной фазы развития и были оценены по 57 признакам, согласно методике проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность, разработанной Государственной комиссией РФ по испытанию и охране селекционных достижений.

Всего выделено 219 перспективных гибридов с крупными и средними по размеру цветками розовидной, корончатой, шаровидной, анемоновидной и японской формами; красной, розовой, кремовой и белой окраской, а также промежуточных тонов. Семнадцать

особенно интересных сеянцев, выделяющихся по декоративным признакам, были переданы для дальнейшей оценки в Государственную комиссию РФ по испытанию и охране селекционных достижений. В 2008 году они получили статус сорта и были занесены в Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию. В 2011 году еще 8 сортов были переданы на государственное испытание. В 2013 году на них получены авторские свидетельства и патенты.

В течение 2019...2024 годов было успешно завершено государственное испытание еще 11 сортов пиона ('Памяти А.С. Сахаровой', 'Башкирская Жемчужинка', 'Башкирский Сувенир', 'Гелия', 'Кружево Сада', 'Минзифа', 'Уральская Фантазия', 'Уфимский Вальс', 'Уфимский Рассвет', 'Юбилейный ЮУБСИ', 'Янтарное Ожерелье') селекции ЮУБСИ УФИЦ РАН.

Все новые сорта устойчивы к неблагоприятным погодным условиям, болезням и вредителям, зимостойки, засухоустойчивы и жаровыносливы. Рекомендуются для выращивания в средней полосе России.

'Аврора' (авторы – Л.Н. Миронова, Л.А. Тухватуллина, А.А. Реут, год включения в Госреестр РФ – 2008). Гибрид получен от скрещивания сорта *Paeonia lactiflora* Pall. 'Amabilis Superbissima' и вида *P. daurica* subsp. *wittmanniana* (Hartwiss ex Lindl.) DYHong.

Махровый. Полушаровидный. Светло-розовый. Цветок диаметром до 15 см, до 8 см высотой, слабо выгорает и слабо осыпается. Тычиночные нити жёлтые, рыльца розовые. Куст прямостоячий, сомкнутый, со средней облиственностью, среднеразрастающийся, до 55 см высотой, до 70 см диаметром. Листья зелёные, гладкие. Цветонос прочный, до 70 см высотой, несёт от 1 до 4 цветков. Общее число стеблей 25...27 шт., из них генеративных – 17...18 шт. Цветёт обильно, до 16 дней. Аромат средний. Сорт позднего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

'Апассионата' (О.А. Кравченко, Л.С. Новикова, 1986). Гибрид получен от свободного опыления сорта *P. lactiflora* 'Auguste Dessert'.

Махровый. Полушаровидный. Тёмно-карминово-розовый. Цветок до 16 см диаметром, до 6 см высотой, слабо выгорает. Тычиночные нити жёлтые, рыльца розовые. Куст прямостоячий, полураскидистый, со средней облиственностью, до 65 см высотой, до 80 см диаметром. Листья узкие, тёмно-зелёные. Цветонос средней прочности, до 80 см высотой, несёт от 1 до 4 цветков. Общее число стеблей 23...25 шт., из них генеративных – 16...18 шт. Цветёт обильно, до 12 дней. Аромат средний приятный. Сорт среднего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

'Аркаим' (Л.Н. Миронова, Л.А. Тухватуллина, А.А. Реут, 2008). Гибрид получен от скрещивания сорта *P. lactiflora* 'Amabilis Superbissima' и вида *P. mlokosewitschii*.

Махровый. Полушаровидный. Розовый. Цветок до 15 см диаметром, до 7 см высотой, слабо выгорает и слабо осыпается. Рыльце малиновое. Куст прямостоячий, компактный, со средней облиственностью, среднеразрастающийся, до 65 см высотой, до 75 см диаметром. Листья зелёные, гладкие. Цветонос средней прочности, до 85 см высотой, несёт от 3 до 4 цветков. Общее число стеблей 23...25 шт., из них генеративных – 16...17 шт. Цветёт обильно, до 17 дней. Аромат средний. Сорт позднего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

'Башкирская Жемчужинка' (Л.Н. Миронова, А.А. Реут, З.Х. Шигапов, 2021). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* 'Jeanne d'Ark' и *P. lactiflora* 'Victor Hugo'.

Японский. Однорядный. Светло-пурпурный с жёлтыми стаминодиями в центре цветка. Цветок до 15 см диаметром, до 6 см высотой, слабо выгорает и слабо осыпается. Рыльце красное. Куст прямостоячий, компактный, с сильной облиственностью, среднеразрастающийся, до 60 см высотой, до 70 см диаметром. Листья умеренно-желтовато-зелёные, гладкие. Цветонос средней прочности, до 80 см высотой, несёт от 2 до

4 цветков. Цветёт обильно, до 15 дней. Аромат специфичный. Сорт среднепозднего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

‘Башкирский’ (О.А. Кравченко, Л.С. Новикова, Л.Н. Миронова, А.А. Реут, 2012). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Mons. Jules Elie’ и *P. lactiflora* ‘M-lle Leonie Calot’.

Махровый. Розовидный. Розовый. Цветок до 17 см диаметром, до 9 см высотой, слабо выгорает и слабо осыпается. Куст прямостоячий, полураскидистый, со средней облиственностью, среднеразрастающийся, до 70 см высотой, до 70 см диаметром. Листья зелёные, гладкие. Цветонос прочный, до 80 см высотой, несёт от 1 до 4 цветков. Общее число стеблей 30...32 шт., из них генеративных – 23...25 шт. Цветёт обильно, до 14 дней. Аромат средний приятный. Сорт среднепозднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт универсальный.

‘Башкирский Сувенир’ (Л.Н. Миронова, А.А. Реут, З.Х. Шигапов, 2022). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Mary Woodbury Shaylor’ и *P. lactiflora* ‘Francois Ortegat’.

Полумахровый. Светло-пурпурно-розовый. Цветок до 14 см диаметром, до 6 см высотой, сильно выгорает, слабо осыпается. Тычиночные нити жёлтые, рыльца белые. Куст прямостоячий, полураскидистый, со средней облиственностью, среднеразрастающийся, до 70 см высотой, до 80 см диаметром. Листья умеренно-оливково-зелёные, гладкие. Цветонос прочный, до 100 см высотой, несёт от 1 до 2 цветков. Цветёт обильно, до 14 дней. Аромат средний приятный. Сорт среднего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

‘Ветеран’ (Л.С. Новикова, 1998). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Amabilis Superbissima’ и *P. lactiflora* ‘Avalanche’.

Махровый. Розовидный. Розовый. Цветок до 14 см диаметром, до 5 см высотой, не выгорает. Куст прямостоячий, полураскидистый, с сильной облиственностью, до 65 см высотой, до 70 см диаметром. Цветонос средней прочности, до 90 см высотой, несёт от 1 до 2 цветков. Общее число стеблей 25...27 шт., из них генеративных – 17...18 шт. Цветёт до 10 дней. Аромат сильный цветочный. Сорт среднепозднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт обсадочный.

‘Гелия’ (А.А. Реут, З.Х. Шигапов, 2023). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Mary Woodbury Shaylor’ и *P. lactiflora* ‘Francois Ortegat’.

Немахровый с двумя рядами лепестков. Желтовато-белый с розовыми точками. Цветок до 12 см диаметром, до 4 см высотой, слабо выгорает и слабо осыпается. Тычиночные нити жёлтые, рыльца розовые. Куст прямостоячий, полураскидистый, с сильной облиственностью, среднеразрастающийся, до 65 см высотой, до 75 см диаметром. Листья умеренно-желтовато-зелёные, гладкие. Цветонос средней прочности, до 80 см высотой, несёт от 1 до 5 цветков. Цветёт обильно, до 14 дней. Аромат специфический. Сорт среднераннего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

‘Иремель’ (Л.Н. Миронова, Л.А. Тухватуллина, А.А. Реут, 2008). Гибрид получен от свободного опыления сорта *P. lactiflora* ‘Amabilis Superbissima’.

Махровый. Шаровидный. Ярко-розовый. Цветок густомахровый, до 16 см диаметром, до 8 см высотой, слабо выгорает, слабо осыпается. Куст прямостоячий, полураскидистый, с сильной облиственностью, среднеразрастающийся, до 65 см высотой, до 75 см диаметром. Листья зелёные, гладкие. Цветонос прочный, до 75 см высотой, несёт от 2 до 4 цветков. Общее число стеблей 18...19 шт., из них генеративных – 12...13 шт. Цветёт обильно, до 15 дней. Аромат средний. Сорт позднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт универсальный.

‘Июнь’ (О.А. Кравченко, Л.С. Новикова, Л.Н. Миронова, А.А. Реут, 2012). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Jeanne d’Arc’ и *P. lactiflora* ‘Avalanche’.

Махровый. Корончатый. Белый. Цветок до 18 см диаметром, до 10 см высотой, не выгорает, слабо осыпается. Куст полураскидистый, со средней облиственностью,

среднеразрастающийся, до 45 см высотой, до 70 см диаметром. Листья зелёные, опушенные. Цветонос непрочный, до 65 см высотой, несёт от 1 до 2 цветков. Общее число стеблей 23...24 шт., из них генеративных – 15...16 шт. Цветёт до 14 дней. Аромат слабый приятный. Сорт среднего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

‘Кружево Сада’ (А.А. Реут, З.Х. Шигапов, 2023). Гибрид получен от свободного опыления сорта *P. lactiflora* ‘Юбилей Революции’.

Полумахровый. Красно-пурпурный. Цветок до 14 см диаметром, до 5 см высотой, слабо выгорает и слабо осыпается. Тычиночные нити жёлтые, рыльца белые. Куст полураскидистый, со средней облиственностью, среднеразрастающийся, до 65 см высотой, до 80 см диаметром. Листья зелёные, гладкие. Цветонос средней прочности, до 85 см высотой, несёт от 1 до 2 цветков. Цветёт до 14 дней. Аромат средний приятный. Сорт среднего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

‘Людмила Миронова’ (Л.Н. Миронова, Л.А. Тухватуллина, А.А. Реут, 2008). Гибрид получен от свободного опыления сорта *P. lactiflora* ‘Апассионата’.

Махровый. Шаровидный. Тёмно-карминово-розовый. Цветок до 17 см диаметром, до 10 см высотой. Тычиночные нити и пыльники жёлтые. Куст полураскидистый, до 65 см высотой, до 65 см диаметром. Листья тёмно-зелёные. Цветонос средней прочности, до 75 см высотой, несёт от 1 до 4 цветков. Общее число стеблей 20...21 шт., из них генеративных – 15...16 шт. Цветёт обильно, до 13 дней. Аромат слабый. Сорт среднего срока цветения. Плодоносит. Сорт срезочный.

‘Мечта С.П. Королёва’ (Л.Н. Миронова, Л.А. Тухватуллина, А.А. Реут, 2008). Гибрид получен от свободного опыления сорта *P. lactiflora* ‘Mons. Martin Cahuzac’.

Анемоновидный. Красный. Цветок двухрядный, до 15 см диаметром, до 6 см высотой. Пестик зелёный, рыльца малиновые. Куст полураскидистый, до 60 см высотой, до 120 см диаметром. Листья зелёные. Цветонос средней прочности, до 85 см высотой, несёт от 1 до 3 цветков. Общее число стеблей 25...27 шт., из них генеративных – 20...21 шт. Цветёт обильно, до 11 дней. Аромат слабый. Сорт среднего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

‘Минзифа’ (Л.Н. Миронова, А.А. Реут, З.Х. Шигапов, 2021). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Jeanne d’Arc’ и *P. lactiflora* ‘Victor Hugo’.

Полумахровый. Полушаровидный. Ярко-красновато-пурпурный. Цветок до 14 см диаметром, до 6 см высотой, слабо выгорает и слабо осыпается. Тычиночные нити жёлтые, рыльца малиновые. Куст прямостоячий, компактный, с сильной облиственностью, среднеразрастающийся, до 60 см высотой, до 65 см диаметром. Листья умеренно-желтовато-зелёные, гладкие. Цветонос средней прочности, до 80 см высотой, несёт от 1 до 2 цветков. Цветёт обильно, до 14 дней. Аромат сильный. Сорт среднего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

‘Мустай Карим’ (О.А. Кравченко, Л.Н. Миронова, Л.А. Тухватуллина, 2008). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Mons. Andre’ и *P. lactiflora* ‘M-lle Leonie Calot’.

Махровый. Шаровидный. Перламутрово-розовый. Цветок до 16 см диаметром, до 6 см высотой. Тычиночные нити и пыльники жёлтые, пестик зелёный, рыльца розовые. Куст полураскидистый, до 75 см высотой, до 90 см диаметром. Листья зелёные. Цветонос прочный, до 90 см высотой, несёт от 1 до 3 цветков. Общее число стеблей 20...21 шт., из них генеративных – 13...14 шт. Цветёт обильно, до 14 дней. Аромат цветочный приятный. Сорт среднего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

‘Надежда’ (Л.С. Новикова, 1998). Гибрид получен от свободного опыления сорта *P. lactiflora* ‘Jeanne d’Arc’.

Махровый. Розовидный. Светло-розовый. Цветок до 16 см диаметром, до 9 см высотой, слабо выгорает. Куст прямостоячий, полураскидистый, с сильной облиственностью, до 60 см высотой, до 90 см диаметром. Цветонос средней прочности, до 75 см высотой, несёт от 1 до 4 цветков. Общее число стеблей 22...24 шт., из них генеративных – 15...16 шт. Цветёт до 10 дней. Аромат слабый цветочный. Сорт среднепозднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт срезочный.

‘Огни Уфы’ (О.А. Кравченко, Л.С. Новикова, Л.Н. Миронова, А.А. Реут, 2012). Гибрид получен от свободного опыления сорта *P. lactiflora* ‘Sarah Bernhardt’.

Махровый. Полушаровидный. Сиренево-розовый. Цветок до 18 см диаметром, до 9 см высотой, не выгорает, слабо осыпается. Куст прямостоячий, компактный, со слабой облиственностью, среднеразрастающийся, до 60 см высотой, до 70 см диаметром. Листья зелёные, гладкие. Цветонос прочный, до 80 см высотой, несёт от 1 до 4 цветков. Общее число стеблей 23...25 шт., из них генеративных – 17...18 шт. Цветёт обильно, до 14 дней. Аромат средний приятный. Сорт среднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт универсальный.

‘Ольга Кравченко’ (О.А. Кравченко, Л.Н. Миронова, Л.А. Тухватуллина, 2008). Гибрид получен от свободного опыления сорта *P. lactiflora* ‘Jeanne d’Arc’.

Махровый. Полушаровидный. Кораллово-розовый. Цветок до 16 см диаметром, до 8 см высотой. Тычиночные нити и пыльники жёлтые, пестик зелёный, рыльца розовые. Куст полураскидистый, до 60 см высотой, до 75 см диаметром. Листья зелёные. Цветонос прочный, до 65 см высотой, несёт от 1 до 4 цветков. Общее число стеблей 27...29 шт., из них генеративных – 22...23 шт. Цветёт обильно, до 13 дней. Аромат приятный. Сорт среднепозднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт универсальный.

‘Памяти А.С. Сахаровой’ (Л.Н. Миронова, А.А. Реут, З.Х. Шигапов, 2021). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Mary Woodbury Shaylor’ и *P. lactiflora* ‘Francois Ortegat’.

Анемоновидный. Насыщенно красновато-пурпурный. Цветок до 15 см диаметром, до 7 см высотой, слабо выгорает и слабо осыпается. Тычиночные нити малиновые, рыльца жёлтые. Куст прямостоячий, компактный, со средней облиственностью, среднеразрастающийся, до 60 см высотой, до 65 см диаметром. Листья умеренно-оливково-зелёные, гладкие. Цветонос средней прочности, до 80 см высотой, несёт 5 и более цветков. Цветёт обильно, до 14 дней. Аромат сильный. Сорт раннего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

‘Песня Курая’ (Л.Н. Миронова, Л.А. Тухватуллина, А.А. Реут, 2008). Гибрид получен от свободного опыления сорта *P. lactiflora* ‘Amabilis Superbissima’.

Махровый. Розовидный. Розовый. Цветок до 13 см диаметром, до 7 см высотой, слабо выгорает, слабо осыпается. Тычиночные нити жёлтые, рыльце малиновое. Куст прямостоячий, компактный, со средней облиственностью, среднеразрастающийся, до 55 см высотой, до 65 см диаметром. Листья зелёные, гладкие. Цветонос прочный, до 70 см высотой, несёт от 1 до 3 цветков. Общее число стеблей 22...24 шт., из них генеративных – 15...17 шт. Цветёт обильно, до 14 дней. Аромат приятный. Сорт позднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт универсальный.

‘Полярник 8’ (О.А. Кравченко, Л.Н. Миронова, А.А. Реут, 2008). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Sarah Bernhardt’ и *P. lactiflora* ‘Avalanche’.

Махровый. Шаровидный. Белый. Цветок до 14 см диаметром, до 6 см высотой. Тычиночные нити и пыльники жёлтые, пестик зелёный, рыльца розовые. Куст полураскидистый, до 70 см высотой, до 115 см диаметром. Листья светло-зелёные. Цветонос средней прочности, до 85 см высотой, несёт от 1 до 2 цветков. Общее число

стеблей 27...29 шт., из них генеративных – 20...22 шт. Цветёт обильно, до 12 дней. Аромат нежный цветочный. Сорт среднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт срезочный.

‘Розовая Дымка’ (О.А. Кравченко, Л.С. Новикова, Л.Н. Миронова, А.А. Реут, 2012). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Amabilis Superbissima’ и *P. lactiflora* ‘Avalanche’.

Махровый. Корончатый. Белый. Цветок до 16 см диаметром, до 9 см высотой, не выгорает, слабо осыпается. Куст полураскидистый, со слабой облиственностью, среднеразрастающийся, до 50 см высотой, до 70 см диаметром. Листья светло-зелёные, гладкие. Цветонос средней прочности, до 75 см высотой, несёт от 1 до 3 цветков. Общее число стеблей 18...19 шт., из них генеративных – 13...14 шт. Цветёт обильно, до 15 дней. Аромат сильный приятный. Сорт среднепозднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт срезочный.

‘Рудольф Нуреев’ (Л.Н. Миронова, Л.А. Тухватуллина, А.А. Реут, 2008). Гибрид получен от свободного опыления сорта *P. lactiflora* ‘Апассионата’.

Махровый. Шаровидный. Насыщенно лилово-розовый. Цветок густомахровый, до 17 см диаметром, до 9 см высотой, слабо выгорает, слабо осыпается. Куст прямостоячий, полураскидистый, со слабой облиственностью, среднеразрастающийся, до 75 см высотой, до 95 см диаметром. Листья насыщенно-зелёные, гладкие. Цветонос средней прочности, до 85 см высотой, несёт от 1 до 4 цветков. Общее число стеблей 20...21 шт., из них генеративных – 12...14 шт. Цветёт обильно, до 16 дней. Аромат средний. Сорт позднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт срезочный.

‘Сабантуй’ (О.А. Кравченко, Л.Н. Миронова, А.А. Реут, 2008). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Marechal MacMahon’ и *P. lactiflora* ‘M-lle Leonie Calot’.

Японский. Розовый. Стаминодии – ярко-жёлтые. Цветок двухрядный, до 14 см диаметром, до 5 см высотой. Пестик зелёный, рыльца розовые. Куст полураскидистый, до 85 см высотой, до 100 см диаметром. Листья зелёные. Цветонос прочный, до 95 см высотой, несёт от 1 до 3 цветков. Общее число стеблей 27...29 шт., из них генеративных – 20...22 шт. Цветёт обильно, до 10 дней. Аромат приятный цветочный. Сорт среднераннего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

‘Салават’ (О.А. Кравченко, Л.С. Новикова, Л.Н. Миронова, А.А. Реут, 2012). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Jeanne d’Arc’ и *P. lactiflora* ‘Mons. Jules Elie’.

Махровый. Бомбовидный. Бело-розовый. Цветок до 17 см диаметром, до 10 см высотой, не выгорает, слабо осыпается. Куст прямостоячий, компактный, со слабой облиственностью, среднеразрастающийся, до 60 см высотой, до 65 см диаметром. Листья зелёные, гладкие. Цветонос прочный, до 80 см высотой, несёт от 1 до 3 цветков. Общее число стеблей 19...21 шт., из них генеративных – 12...14 шт. Цветёт обильно, до 14 дней. Аромат средний приятный. Сорт среднепозднего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

‘Сашенька’ (Л.Н. Миронова, Л.А. Тухватуллина, А.А. Реут, 2008). Гибрид получен от свободного опыления сорта *P. lactiflora* ‘Юбилей Революции’.

Махровый. Шаровидный. Нежно-розовый, к краю лепестки светлее. Цветок густомахровый, до 15 см диаметром, до 10 см высотой, не выгорает, слабо осыпается. Куст прямостоячий, полураскидистый, со средней облиственностью, среднеразрастающийся, до 75 см высотой, до 75 см диаметром. Листья тёмно-зелёные, гладкие. Цветонос средней прочности, до 90 см высотой, несёт от 1 до 2 цветков. Общее число стеблей 22...24 шт., из них генеративных – 13...15 шт. Цветёт обильно, до 15 дней. Аромат приятный. Сорт позднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт срезочный.

‘Серёжа’ (О.А. Кравченко, Л.С. Новикова, Л.Н. Миронова, А.А. Реут, 2012). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Jeanne d’Arc’ и *P. lactiflora* ‘M-lle Leonie Calot’.

Махровый. Розовидный. Бело-розовый. Цветок до 18 см диаметром, до 8 см высотой, не выгорает, слабо осыпается. Куст прямостоячий, компактный, со средней облиственностью, среднеразрастающийся, до 65 см высотой, до 70 см диаметром. Листья тёмно-зелёные, гладкие. Цветонос прочный, до 75 см высотой, несёт от 1 до 3 цветков. Общее число стеблей 25...27 шт., из них генеративных – 17...18 шт. Цветёт обильно, до 12 дней. Аромат слабый приятный. Сорт среднепозднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт универсальный.

‘Торнадо’ (О.А. Кравченко, Л.Н. Миронова, А.А. Реут, 2008). Гибрид получен от свободного опыления сорта *P. lactiflora* ‘Mons. Martin Cahuzac’.

Полумахровый. Бордовый. Цветок до 15 см диаметром, до 7 см высотой. Тычиночные нити и пыльники жёлтые, пестик красный, рыльца малиновые. Куст компактный, до 65 см высотой, до 70 см диаметром. Листья тёмно-зелёные. Цветонос прочный, до 90 см высотой, несёт от 1 до 2 цветков. Общее число стеблей 20...21 шт., из них генеративных – 14...15 шт. Цветёт до 12 дней. Аромат слабый. Сорт позднего срока цветения. Плодоносит. Сорт обсадный.

‘Урал Батыр’ (О.А. Кравченко, Л.Н. Миронова, А.А. Реут, 2008). Гибрид получен от свободного опыления сорта *P. lactiflora* ‘Victoire de la Marne’.

Махровый. Корончатый. Розовый. Цветок до 14 см диаметром, до 7 см высотой. Пестик зелёный, рыльца розовые. Куст полураскидистый, до 70 см высотой, до 80 см диаметром. Листья зелёные. Цветонос прочный, до 80 см высотой, несёт от 1 до 2 цветков. Общее число стеблей 25...27 шт., из них генеративных – 20...21 шт. Цветёт обильно, до 12 дней. Аромат сильный цветочный. Сорт среднепозднего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

‘Уралец’ (О.А. Кравченко, Л.С. Новикова, Л.Н. Миронова, А.А. Реут, 2012). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Amabilis Superbissima’ и *P. lactiflora* ‘Marechal MacMahon’.

Махровый. Полушаровидный. Серебристо-розовый. Цветок до 16 см диаметром, до 9 см высотой, слабо выгорает, слабо осыпается. Куст компактный, с сильной облиственностью, среднеразрастающийся, до 50 см высотой, до 60 см диаметром. Листья светло-зелёные, гладкие. Цветонос прочный, до 75 см высотой, несёт от 1 до 2 цветков. Общее число стеблей 25...27 шт., из них генеративных – 18...19 шт. Цветёт обильно, до 14 дней. Аромат слабый приятный. Сорт среднепозднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт универсальный.

‘Уральская Фантазия’ (А.А. Реут, З.Х. Шигапов, 2023). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Mary Woodbury Shaylor’ и *P. lactiflora* ‘Francois Ortegat’.

Японский, двухрядный. Красно-пурпурный. Цветок до 13 см диаметром, до 5 см высотой, слабо выгорает, слабо осыпается. Тычиночные нити жёлтые, рыльца розовые. Куст компактный, с сильной облиственностью, среднеразрастающийся, до 85 см высотой, до 80 см диаметром. Листья зелёные, гладкие. Цветонос прочный, до 110 см высотой, несёт от 1 до 2 цветков. Цветёт обильно, до 14 дней. Аромат средний приятный. Сорт среднего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

‘Утро Родины’ (Л.С. Новикова, 1998). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Amabilis Superbissima’ и *P. lactiflora* ‘Avalanche’.

Махровый. Розовидный. Светло-розовый. Цветок до 13 см диаметром, до 4 см высотой, слабо выгорает. Куст прямостоячий, полураскидистый, со средней облиственностью, до 65 см высотой, до 95 см диаметром. Цветонос средней прочности, до 70 см высотой, несёт от 1 до 3 цветков. Общее число стеблей 18...20 шт., из них генеративных – 12...14 шт. Цветёт до 12 дней. Аромат средний цветочный. Сорт среднепозднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт обсадный.

‘Утро Туманное’ (О.А. Кравченко, Л.С. Новикова, Л.Н. Миронова, А.А. Реут, 2012). Гибрид получен от свободного опыления сорта *P. lactiflora* ‘Amabilis Superbissima’.

Махровый. Шаровидный. Бело-розовый. Цветок до 17 см диаметром, до 10 см высотой, не выгорает, слабо осыпается. Куст раскидистый, с сильной облиственностью, среднеразрастающийся, до 55 см высотой, до 80 см диаметром. Листья тёмно-зелёные, гладкие. Цветонос непрочный, до 90 см высотой, несёт от 1 до 4 цветков. Общее число стеблей 23...25 шт., из них генеративных – 15...17 шт. Цветёт до 12 дней. Аромат слабый приятный. Сорт среднепозднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт срезочный.

‘Уфимец’ (О.А. Кравченко, Л.Н. Миронова, А.А. Реут, 2008). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Amabilis Superbissima’ и *P. lactiflora* ‘Avalanche’.

Полумахровый. Розовый. Цветок до 16 см диаметром, до 6 см высотой. Тычиночные нити и пыльники жёлтые, пестик зелёный, рыльца белые. Куст компактный, до 60 см высотой, до 95 см диаметром. Листья зелёные. Цветонос прочный, до 70 см высотой, несёт от 1 до 2 цветков. Общее число стеблей 27...29 шт., из них генеративных – 21...22 шт. Цветёт обильно, до 12 дней. Аромат средний приятный. Сорт среднего срока цветения. Плодоносит. Сорт обсадоочный.

‘Уфимский Вальс’ (А.А. Реут, З.Х. Шигапов, 2023). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Mary Woodbury Shaylor’ и *P. lactiflora* ‘Francois Ortegat’.

Махровый. Полушаровидный. Зеленовато-белый. Цветок до 12 см диаметром, до 6 см высотой, слабо выгорающий. Куст компактный, средней облиственности, до 65 см высотой, до 75 см диаметром. Листья умеренно-оливково-зелёные. Цветонос средней прочности, до 85 см высотой, несёт от 1 до 2 цветков. Цветёт обильно, до 12 дней. Аромат средний приятный. Сорт среднераннего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

‘Уфимский Рассвет’ (Л.Н. Миронова, А.А. Реут, З.Х. Шигапов, 2021). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Mary Woodbury Shaylor’ и *P. lactiflora* ‘Francois Ortegat’.

Махровый. Шаровидный. Бледно-пурпурно-розовый с ярко выраженными точками. Цветок до 14 см диаметром, до 8 см высотой, слабо выгорает и слабо осыпается. Тычиночные нити и пыльники жёлтые, рыльца малиновые. Куст прямостоячий, компактный, со средней облиственностью, среднеразрастающийся, до 60 см высотой, до 65 см диаметром. Листья насыщенно-желтовато-зелёные, гладкие. Цветонос средней прочности, до 70 см высотой, несёт от 2 до 3 цветков. Цветёт обильно, до 15 дней. Аромат сильный. Сорт среднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт срезочный.

‘Чак-Чак’ (О.А. Кравченко, Л.Н. Миронова, А.А. Реут, 2008). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Amabilis Superbissima’ и *P. lactiflora* ‘Avalanche’.

Японский. Розовый. Стаминодии – жёлтые. Цветок двухрядный, до 14 см диаметром, до 4 см высотой. Пестик зелёный, рыльца розовые. Куст компактный, до 60 см высотой, до 70 см диаметром. Листья тёмно-зелёные. Цветонос прочный, до 70 см высотой, несёт от 1 до 2 цветков. Общее число стеблей 20...21 шт., из них генеративных – 15...17 шт. Цветёт до 10 дней. Аромат средний цветочный. Сорт среднего срока цветения. Плодоносит. Сорт универсальный.

‘Чингиз Хан’ (О.А. Кравченко, Л.Н. Миронова, А.А. Реут, 2008). Гибрид получен от свободного опыления сорта *P. lactiflora* ‘Victoire de la Marne’.

Полумахровый. Розовидный. Вишневый. Цветок до 14 см диаметром, до 5 см высотой. Тычиночные нити и пыльники жёлтые, пестик зелёный, рыльца малиновые. Куст компактный, до 70 см высотой, до 100 см диаметром. Листья тёмно-зелёные. Цветонос прочный, до 90 см высотой, несёт от 1 до 2 цветков. Общее число стеблей 20...21 шт., из них генеративных – 11...12 шт. Цветёт до 12 дней. Аромат средний неопределённый. Сорт среднего срока цветения. Плодоносит. Сорт обсадоочный.

‘Юбилей Революции’ (О.А. Кравченко, Л.С. Новикова, 1986). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Victoire de la Marne’ и *P. lactiflora* ‘Mons. Martin Cahuzac’.

Махровый. Полушаровидный. Тёмно-карминово-красный. Цветок густомахровый, до 16 см диаметром, до 6 см высотой, слабо выгорает. Тычиночные нити жёлтые, рыльце малиновое. Куст прямостоячий, полураскидистый, со средней облиственностью, до 70 см высотой, до 85 см диаметром. Листья крупные, тёмно-зелёные, блестящие. Цветонос прочный, до 75 см высотой, несёт от 1 до 3 цветков. Общее число стеблей 25...27 шт., из них генеративных – 16...18 шт. Цветёт обильно, до 12 дней. Аромат слабый приятный. Сорт среднераннего срока цветения. Не плодоносит. Сорт универсальный.

‘Юбилейный ЮУБСИ’ (Л.Н. Миронова, А.А. Реут, З.Х. Шигапов, 2021). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Mary Woodbury Shaylor’ и *P. lactiflora* ‘Francois Ortegat’.

Махровый. Шаровидный. Бледно-пурпурно-розовый. Цветок до 14 см диаметром, до 6 см высотой, слабо выгорает и слабо осыпается. Тычиночные нити жёлтые. Куст прямостоячий, компактный, со средней облиственностью, среднеразрастающийся, до 65 см высотой, до 75 см диаметром. Листья серовато-оливково-зелёные, гладкие. Цветонос прочный, до 75 см высотой, несёт от 1 до 2 цветков. Цветёт обильно, до 14 дней. Аромат сильный. Сорт среднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт универсальный.

‘Южный Урал’ (Л.С. Новикова, 1998). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Amabilis Superbissima’ и *P. lactiflora* ‘Avalanche’.

Махровый. Розовидный. Розовый. Цветок до 13 см диаметром, до 5 см высотой, слабо выгорает. Рыльце малиновое. Куст полураскидистый, со средней облиственностью, до 75 см высотой, до 85 см диаметром. Цветонос прочный, до 80 см высотой, несёт от 1 до 4 цветков. Общее число стеблей 20...21 шт., из них генеративных – 13...15 шт. Цветёт обильно, до 12 дней. Аромат средний цветочный. Сорт позднего срока цветения. Не плодоносит. Сорт обсадочный.

‘Янтарное Ожерелье’ (Л.Н. Миронова, А.А. Реут, З.Х. Шигапов, 2022). Гибрид получен от скрещивания сортов *P. lactiflora* ‘Jeanne d’Ark’ и *P. lactiflora* ‘Victor Hugo’.

Полумахровый. Бледно-пурпурно-розовый. Цветок до 16 см диаметром, до 5 см высотой, слабо выгорает. Тычиночные нити жёлтые, рыльца белые. Куст полураскидистый, со средней облиственностью, до 70 см высотой, до 110 см диаметром. Цветонос средней прочности, до 90 см высотой, несёт от 1 до 4 цветков. Цветёт обильно, до 12 дней. Аромат средний цветочный. Сорт среднего срока цветения. Плодоносит. Сорт срезочный.

Заключение

Таким образом, за 90-летнюю историю Южно-Уральского ботанического сада-института - обособленного структурного подразделения ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук» методами индивидуального отбора сеянцев от высева семян свободного опыления и гибридизации (межвидовой и межсортовой) было создано 42 новых сортов пиона. Все сорта устойчивы к комплексу неблагоприятных факторов среды. Они жаро- и засухоустойчивы, успешно зимуют в условиях Республики Башкортостан, не поражаются болезнями и вредителями. Все новые сорта декоративных культур селекции ЮУБСИ УФИЦ РАН включены в Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию. На них получены патенты и авторские свидетельства.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания ЮУБСИ УФИЦ РАН по теме: «Биологическое разнообразие растительных ресурсов России: состояние, динамика,

экология видов и сообществ, сохранение генофонда, проблемы интродукции, воспроизводства и неистощительного использования». Регистрационный номер 125012200599-6.

Конфликт интересов: автор является соавтором ряда сортов пиона.

Литература

1. Шигапов З.Х., Путенихин В.П., Абрамова Л.М., Миронова Л.Н., Байбурина Р.К., Калашник Н.А., Фарукшина Г.Г., Старова Н.В., Анищенко И.Е., Сулейманова З.Н. Башкирский ботанический сад: история, коллекции, научные достижения (к 70-летию образования). Уфа: Информреклама, 2002. 128. <https://www.elibrary.ru/vdrwoh>
2. Миронова Л.Н., Реут А.А., Шайбаков А.Ф. Интродукция и селекция декоративных травянистых многолетников // Биоразнообразие растений на Южном Урале в природе и при интродукции. Уфа: Гилем, 2009. 80-104. <https://elibrary.ru/txfghj>
3. Биоразнообразие растений на Южном Урале в природе и при интродукции. Уфа: Гилем, 2009. 368. <https://www.elibrary.ru/qksqft>
4. Миронова Л.Н., Воронцова А.А., Тухватуллина Л.А. Пионы. Руководство по выращиванию и размножению. Уфа: РУНМЦ МО РБ, 2004. 26. <https://www.elibrary.ru/uhbcjz>
5. Миронова Л.Н., Воронцова А.А., Шипаева Г.В. Итоги интродукции и селекции декоративных травянистых растений в Республике Башкортостан. Часть 1. М.: Наука, 2006. 211. <https://www.elibrary.ru/qkxyvp>
6. Миронова Л.Н., Реут А.А. Пионы. Коллекции Ботанического сада-института Уфимского научного центра РАН. Уфа: государственное автономное учреждение науки Республики Башкортостан. Уфа: Башкирская энциклопедия, 2017. 152. <https://www.elibrary.ru/yopwtm>
7. Оноприенко О.Ф. Селекционное достижение: режим общественного достояния в России // Вестник Саратовской государственной юридической академии. 2022. 1. 119-131. <https://doi.org/10.24412/2227-7315-2022-1-119-131>
8. Клименко З.К., Плугатарь С.А., Кравченко И.Н., Зыкова В.К. Основные направления, методы и результаты селекции садовых роз в течение 210 лет в Никитском ботаническом саду // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2022. 3. 50-61. <https://www.elibrary.ru/dezenq>
9. Абрамова Л.М., Анищенко И.Е., Вафин Р.В., Голованов Я.М., Жигунов О.Ю., Зарипова А.А., Кашаева Г.Г., Лебедева М.В., Полякова Н.В., Реут А.А., Шигапов З.Х. Растения Южно-Уральского ботанического сада-института УФИЦ РАН. Уфа: Мир печати, 2019. 304. <https://www.elibrary.ru/ciiook>
10. Селиверстова Е.Н., Щегринцев Н.В. Новые сорта хризантемы мелкоцветковой // Вестник АПК Ставрополья. 2019. 1. 93-95. <https://elibrary.ru/jrgppn>
11. RHS Colour Chart. Fifth Edition. London: RHS, 2007.

References

1. Shigapov, Z.Kh., Putenikhin, V.P., Abramova, L.M., Mironova, L.N., Bayburina, R.K., Kalashnik, N.A., Farukshina, G.G., Starova, N.V., Anishchenko, I.E., & Suleymanova, Z.N. (2002). *Bashkir Botanical Garden: history, collections, scientific achievements (to the 70th anniversary of education)*. Informreklama. <https://www.elibrary.ru/vdrwoh>. (In Russian).
2. Mironova, L.N., Reut, A.A., & Shaibakov, A.F. (2009). Introduction and selection of ornamental herbaceous perennials. In: *Biodiversity of plants in the Southern Ural in nature and during introduction* (pp. 80-104). Gilem. <https://elibrary.ru/txfghj>. (In Russian).

3. Mironova, L.N., Vorontsova, A.A., & Tukhvatullina, L.A. (2004). *Peonies. Guide to cultivation and reproduction*. RUNMC MO RB. <https://www.elibrary.ru/uhbcjz>. (In Russian).
4. Mironova, L.N., Vorontsova, A.A., & Shipaeva, G.V. (2006). *Results of the introduction and selection of ornamental herbaceous plants in the Republic of Bashkortostan*. Nauka. <https://www.elibrary.ru/qkxyvp>. (In Russian).
5. Mironova, L.N., & Reut, A.A. (2017). *Peonies. Collections of the Botanical Garden-Institute of the Ufa Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. Bashkir Encyclopedia. <https://www.elibrary.ru/yopwtm>. (In Russian).
6. Onoprienko, O.F. (2022). Selection achievement: public domain regime in Russia (2022). *Bulletin of the Saratov State Law Academy*, 1, 119-131. <https://doi.org/10.24412/2227-7315-2022-1-119-131>. (In Russian, English abstract).
7. Klimenko, Z.K., Plugatar, S.A., Kravchenko, I.N., & Zykova, V.K. (2022). The main directions, methods and results of breeding garden roses for 210 years in the Nikitsky Botanical Gardens. *Plant Biology and Horticulture: Theory, Innovation*, 3, 50-61. <https://doi.org/10.36305/2712-7788-2022-3-164-50-61>. (In Russian, English abstract).
8. Abramova, L.M., Anishchenko, I.E., Vafin, R.V., Golovanov, YA.M., Zhigunov, O.YU., Zaripova, A.A., Kashaeva, G.G., Lebedeva, M.V., Polyakova, N.V., Reut, A.A., & Shigapov, Z.K. (2019). *The Plants of South-Ural Botanical Garden-Institute*. Mir Pechati. <https://www.elibrary.ru/ciiook>. (In Russian, English abstract).
9. Seliverstova, E.N., & Shchegrinets, N.V. (2019). New varieties of chrysanthemum melkotsvetkovy. *Agricultural Bulletin of Stavropol Region*, 1, 93-95. <https://elibrary.ru/jrgppn>. (In Russian, English abstract).
10. RHS Colour Chart. Fifth Edition. (2007). Royal Horticultural Society.

Автор:

Антонина Анатольевна Реут, к.б.н., в.н.с. лаборатории цветоводства и селекции, Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение ФГБНУ Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук, cvetok.79@mail.ru
ORCID: 0000-0002-4809-6449
SPIN: 3175-7700

Author:

Antonina Reut, PhD in Biology, leading researcher in floriculture and selection laboratory of South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Center of Russian Academy of Sciences (SUBGI UFRC RAS), cvetok.79@mail.ru
ORCID: 0000-0002-4809-6449
SPIN: 3175-7700

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 635.977:631.524.85:712

Оценка степени устойчивости растений рода *Mahonia* к повреждающим климатическим факторам зимнего периода

Л.И. Масалова¹ , О.Ю. Емельянова¹

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур», 302530, Россия, Орловская область, Орловский МО, д. Жилина, ВНИИСПК, info@vniispk.ru

Аннотация

В зеленом строительстве и частном озеленении важно использовать растения, сочетающие в себе декоративные качества и зимостойкость. Для повышения декоративности насаждений необходимо обогащать ассортимент за счет интродукции растений. Растения рода *Mahonia* Nutt. – вечнозеленый кустарник родом из Северной Америки. Исследования проводились в 2021...2023 гг. в дендрарии ВНИИСПК (Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, Орловская область). Объектами служили растения рода Магония (*Mahonia aquifolia* (Lag) Nutt. и *Mahonia pinnata* (Pursch) Fedde) 1966 и 1981 годов посадки соответственно. В климатических условиях Орловской области растения проходят все фенологические фазы развития, ежегодно цветут и плодоносят. Зимостойкость растений определяли по методике Лапина П.И. и Сидневой С.В. и по методическим указаниям определения устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях. Магония перистая (*Mahonia pinnata*) и Магония падуболистная (*Mahonia aquifolia*) ежегодно повреждаются под действием сильных морозов, резких понижений температуры после оттепелей и солнечного нагрева, а также в отдельные годы – весенними заморозками. В малоснежные зимы с частыми перепадами температур отмечается большее повреждение цветочных почек (в среднем до 4,5 баллов). Однако в целом магония перистая (*Mahonia pinnata*) показала большую устойчивость к повреждающим факторам зимнего периода и восстановительную способность. Данный вид рода Магония можно рекомендовать для городского озеленения в качестве дополнительного ассортимента и для частных коллекций. Магония падуболистная (*Mahonia aquifolia*) рекомендуется для коллекционных садов, придомовых территорий и частных усадеб при условии укрытия растений в зимний период.

Ключевые слова: биоресурсная коллекция, зимостойкость, интродукция, растения, устойчивость

Assessment of the resistance of *Mahonia* plants to damaging climatic factors during the winter period

L.I. Masalova¹ , O.Yu. Emelyanova¹

¹Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 302530, Russia, Orel region, Orel MD, Zhilina, VNIISPK, info@vniispk.ru

Abstract

In green construction and private landscaping, it is important to use plants that combine decorative qualities and winter hardiness. To increase the decorativeness of plantings, it is necessary to enrich the assortment by introducing plants. *Mahonia* Nutt. plants are an evergreen shrub native to North America. The studies were carried out in 2021—2023 in the arboretum of VNIISPK (Russian Research Institute of Fruit Crops Breeding, Orel region). The objects were plants of *Mahonia aquifolia* (Lag) Nutt. and *Mahonia pinnata* (Pursch) Fedde planted in 1966 and 1981,

respectively. In the climatic conditions of the Orel region, plants pass through all phenological phases of development, bloom and bear fruit annually. Winter hardiness of the plants was determined using the method of Lapin P. and Sidneva S. and the guidelines for determining the resistance of fruit and berry crops to cold-season stressors in the field and controlled conditions. *Mahonia pinnata* and *Mahonia aquifolia* were damaged annually by severe frosts, sharp temperature drops after thaws and solar heating, and in some years by spring frosts. In winters with little snow and frequent temperature fluctuations, greater damage to flower buds was observed (on average, up to 4.5 points). However, in general, *Mahonia pinnata* showed greater resistance to damaging factors of the winter period and its ability to recover. This *Mahonia* species can be recommended for urban landscaping as an additional assortment and for private collections. *Mahonia aquifolia* is recommended for collection gardens, home territories and private estates, provided that the plants are covered during the winter.

Key words: bioresource collection, winter hardiness, introduction, plants, resistance

Введение

Зеленые насаждения, характеризуясь уникальными свойствами улучшать состояние среды обитания человека, играют значительную роль в формировании экологической комфортности экосистем. Обладая особыми внешними качествами (декоративностью), растения доставляют человеку зрительное наслаждение, являясь важным аспектом формирования эстетического облика, в том числе, урбанизированных ландшафтов. Для повышения декоративности насаждений необходимо обогащать ассортимент за счет интродукции растений (Емельянова, 2016; Emelyanova, и др., 2021).

Растения рода *Mahonia* Nutt. – вечнозеленый красивоцветущий кустарник родом из Северной Америки. В местах естественного произрастания сохраняет декоративность круглый год. Весной, в период разворачивания, молодые листья красноватые, местами с бордовым оттенком. Во время цветения *Mahonia* особенно декоративна. Цветки в диаметре около 8 мм, светло-жёлтые, яркие, нередко с лимонным оттенком, собраны в многоцветковые метёлки. Летом на фоне яркой темно-зеленой листвы созревают съедобные продолговато-эллиптические, длиной до 10 мм ягоды, синевато-чёрные, с обильным сизым налётом, кисло-сладкие на вкус. Со сменой времен года, в частности, зимой, *Mahonia* вносят в посадки яркие цвета, когда листья при наступлении холодов меняют окраску на яркую красновато-золотистую (Жидких, Сорокопудов, 2010, 2011; Масалова, 2023). Являясь высоко декоративными, растения рода *Mahonia* представляют большой интерес для ландшафтного строительства, озеленения частных усадеб, садов и парков. Эти декоративные растения можно использовать для низкорослых групп, бордюров. Они великолепно смотрятся на фоне хвойных деревьев (Лепкович, 2004; Абрамчук, Карпухин, 2016). Кроме высокой декоративности нужно отметить и лекарственные свойства. Как плодово-ягодное растение ее не используют в России, но во многих литературных источниках отмечается, что из ягод магонии можно приготовить варенье, компот, кисель (Болотов, Рудаков., 1999; Меженский, 2005; Сорокопудов и др., 2006).

Материалы и методы

Из многочисленных видов рода Магония в условиях биоресурсной коллекции дендрария ВНИИСПК растет два: *Mahonia aquifolia* (Lag) Nutt. и *Mahonia pinnata* (Pursch) Fedde. Год посадки растений 1966 и 1981 соответственно. На сегодняшний день образует многоствольные куртины вследствие разрастания корневыми отпрысками. Растения проходят все фазы развития, ежегодно цветут и плодоносят (Масалова, 2019). Обзор исследований указывает на то, что *Mahonia* может произрастать в различных

климатических условиях ЦЧЗ и Центральной Европы (Сорокопудов и др., 2013). О.Ю. Жидких и В.Н. Сорокопудов (2010) отмечают, что за рубежом выведено множество сортов магонии падуболистной, но они пока еще мало известны в России и не интродуцированы. В то время, как зимостойкость является одним из основных компонентов адаптации растений при интродукции, которая характеризуется способностью растений противостоять сумме повреждающих факторов зимнего периода. Повреждения от стрессоров осенне-зимнего и весеннего периодов неадаптированных плодовых и декоративных растений может привести не только к отсутствию цветения и плодоношения, потере декоративности, но и к гибели растений. Главными стрессорами холодного времени года являются следующие факторы: сильные зимние морозы, резкие понижения температуры после оттепелей и солнечного нагрева, осенние и весенние заморозки, зимнее иссушение, вымокание, выпревание (Тюрина и др., 2002). Соответственно, цель нашей работы – выявление степени устойчивости растений рода *Магония* к повреждающим климатическим факторам зимнего периода. Наши исследования проводились в 2021...2023 гг. в дендрарии ВНИИСПК, расположенном в европейской части России в 368 км к юго-западу от Москвы (53°00'N, 36°00'E), неподалеку от г. Орла и в непосредственной близости от оживленной автодороги Орел – Болхов, от которой дендрарий отделен односторонней посадкой липы мелколистной (Masalova et al., 2021; Емельянова и др., 2024). Объектами служили растения рода *Mahonia*. Зимостойкость растений определяли по методическим указаниям Тюриной М.М. с соавторами (2002).

В период резких колебаний температуры определяли подмерзание почек в лабораторных условиях. Для этого однолетние побеги исследуемых растений срезали и выдерживали при комнатной температуре (+22°C) в течении суток, затем определяли степень повреждения почек на срезах с помощью бинокля.

Оценку степени повреждения генеративных почек определяли по следующей шкале:

- 0 – повреждений нет;
- 1 – погибло до 10% зачатков цветков, повреждена сердцевинная полость, что не скажется в значительной степени на последующем цветении;
- 2 – погибло до 30% более развитых зачатков;
- 3 – погибло 70% зачатков цветков, повреждена сосудистая система почки. Ожидается снижение урожая до 50%;
- 4 – погибло более 90% зачатков цветков, повреждена сосудистая система почки. Возможен лишь слабый урожай;
- 5 – почка погибла.

Полевую зимостойкость определяли визуально после распускания почек по 7-ми бальной шкале П.И. Лапина и С.В. Сидневой для древесных растений (1975), где 1 балл – высокая степень зимостойкости (повреждения отсутствуют); 7 баллов – растение погибло полностью.

Статистическую обработку проводили методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1985).

Результаты и их обсуждение

Исследования предыдущих лет показали, что у растений рода *Mahonia* в отдельные годы цветочные почки повреждаются весенними заморозками, что в значительной степени влияет на степень декоративности в период цветения (Масалова, 2023). В тоже время повреждения цветочных почек может наблюдаться по ряду других причин: во время сильных зимних морозов, при резких понижениях температуры после оттепелей и солнечного нагрева, при осенних заморозках.

Условия зимы 2020...2021 гг. были довольно суровые, с резкими колебаниями температуры в январе 2021 г. от -14°C до $+3^{\circ}\text{C}$ (рисунок 1) и почти без снега. Это сказалось на степени устойчивости растений к повреждающим климатическим факторам зимнего периода.

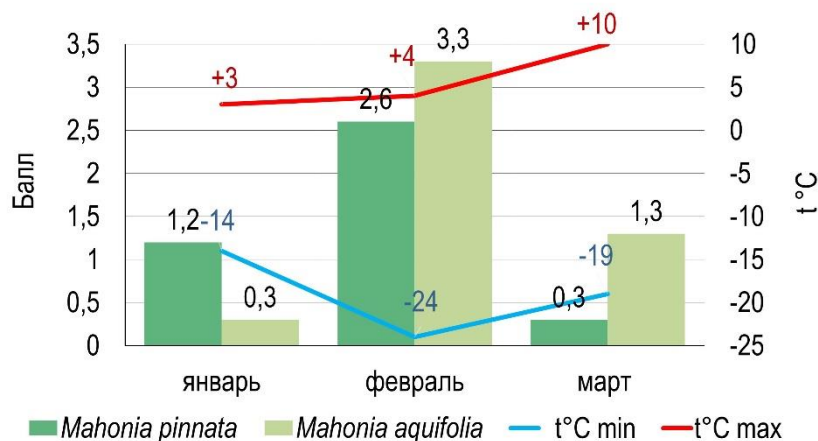
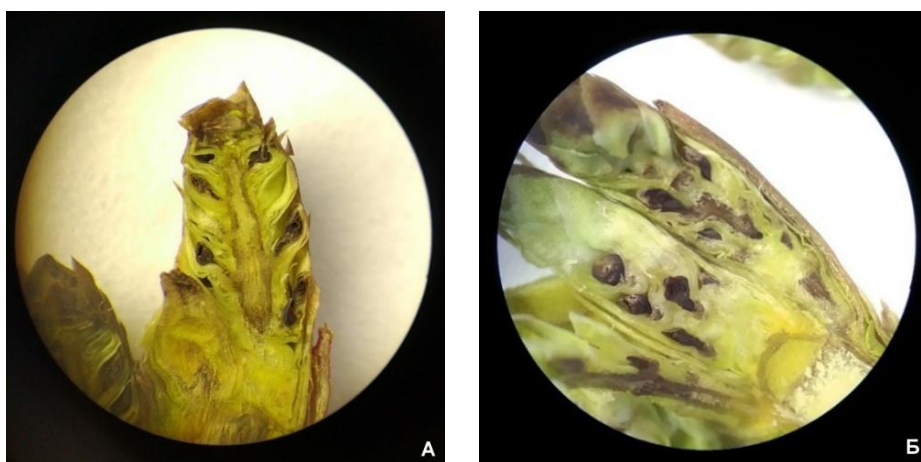


Рисунок 1 – Степень подмерзания цветочных почек растений рода Магония, январь...март, 2021 г., баллы (НСР_{0,5}=0,17)

В полевых исследованиях зимостойкости по окончании распускания почек весной 2021 года у *Mahonia pinnata* и *Mahonia aquifolia* была отмечена степень подмерзания в 3 балла. Лабораторные исследования, проводимые в конце января, в начале и в конце марта на срезах почек растений, позволяют увидеть какие именно факторы и в какой период оказывают наибольшее влияние на зимостойкость. Так повреждения почек до 2 баллов и более у *Mahonia pinnata* наблюдались уже в начале января. У *Mahonia aquifolia* наибольшие повреждения были отмечены в начале марта (когда температура воздуха колебалась от минус 7°C до плюс 10°C). На срезах наблюдались повреждения цветочных почек растений этого вида в среднем до 3,3 баллов. А у *Mahonia pinnata* – до 2,6 баллов (рисунки 1, 2). Такие повреждения впоследствии сказались на качестве цветения и плодоношении (рисунок 3).



А – *Mahonia pinnata*, Б – *Mahonia aquifolia*

Рисунок 2 – Поврежденные цветочные почки растений рода *Mahonia* (зима 2020...2021 гг.)



А – После мягкой зимы 2013 г.; Б – После резких перепадов температур воздуха в зимний период 2021 г.

Рисунок 3 – Цветение растений рода *Mahonia* (май)

Условия зимы 2021...2022 гг. были более мягкими, чем условия зимы 2020...2021 гг. Это оказало положительное влияние на степень устойчивости растений рода *Mahonia* к повреждающим климатическим факторам зимнего периода по сравнению с предыдущим годом (рисунок 4). Полевые исследования зимостойкости после распускания почек весной 2022 года показали степень подмерзания растений в 2 балла (повреждения не более 50 % длины однолетних побегов).

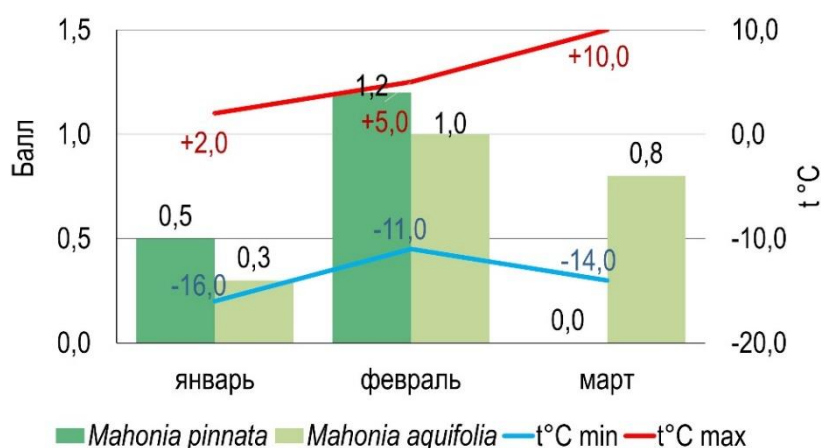


Рисунок 4 – Степень подмерзания цветочных почек растений рода Магония, январь...март, 2022 г., баллы (НСР_{0,5}=0,17)

Однако в первой и второй декаде марта наблюдалось понижение температуры воздуха до -14°C, затем воздух прогрелся до +10°C, после чего ночная температура воздуха понизилась до -4°C. Такие колебания температур в конце марта спровоцировали повреждения цветочных почек объектов исследования до 2,5 баллов, что отчетливо видно на рисунке 5. Однако в целом после зимы 2021...2022 у исследуемых растений наблюдалось повреждений гораздо меньше, чем в предыдущий год. Наши исследования показывают, что при таких повреждениях *Mahonia pinnata* обладает большей восстановительной способностью, чем *Mahonia aquifolia* (рисунок 5).

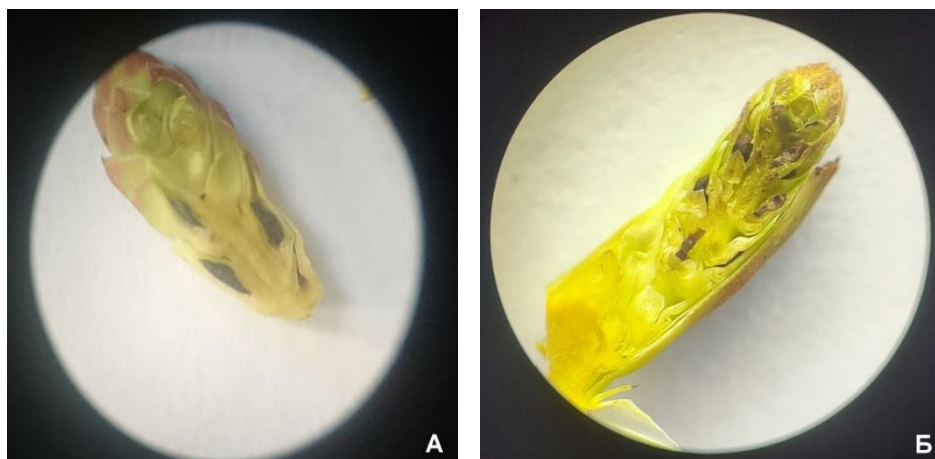
А – *Mahonia pinnata*; Б – *Mahonia aquifolia*

Рисунок 5 – Поврежденные цветочные почки растений рода *Mahonia* (зима 2021...2022 гг.)

Условия зимы 2022...2023 гг. характеризовались резкими понижениями температур после оттепелей. Это оказало влияние на степень устойчивости растений к повреждающим факторам зимнего периода. Полевые исследования зимостойкости по завершению распускания почек выявили у растений рода *Mahonia* низкую зимостойкость (5 баллов - повреждается надземная часть до снежного покрова). Затем заморозки в 1-ой декаде мая (до -3°C) сильно повредили отрастающие молодые побеги, листья и бутоны, что также негативно сказалось на состоянии растений, последующем цветении и декоративности растений в целом.

Лабораторные исследования срезов цветочных почек в 2023 году проводили в начале и конце февраля (7 и 28 февраля), а также 15 марта после резких перепадов температур воздуха. В начале февраля у *Mahonia pinnata* и *Mahonia aquifolia* наблюдались умеренные повреждения почек разных частей растений до 1,5 баллов (рисунок 6). Повреждения обусловлены сложившимися погодными условиями – длительная оттепель (до $+7^{\circ}\text{C}$) в январе, когда часть растений вышла из состояния покоя и началось сокодвижение, и последовавшие за ней морозы в феврале при отсутствии снежного покрова.

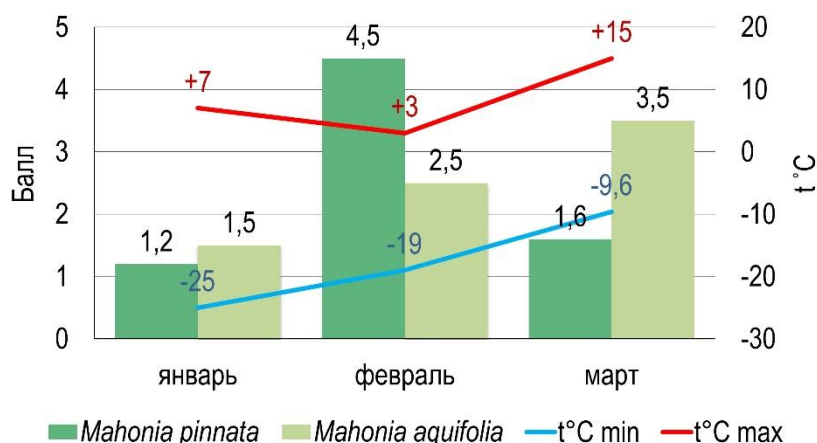
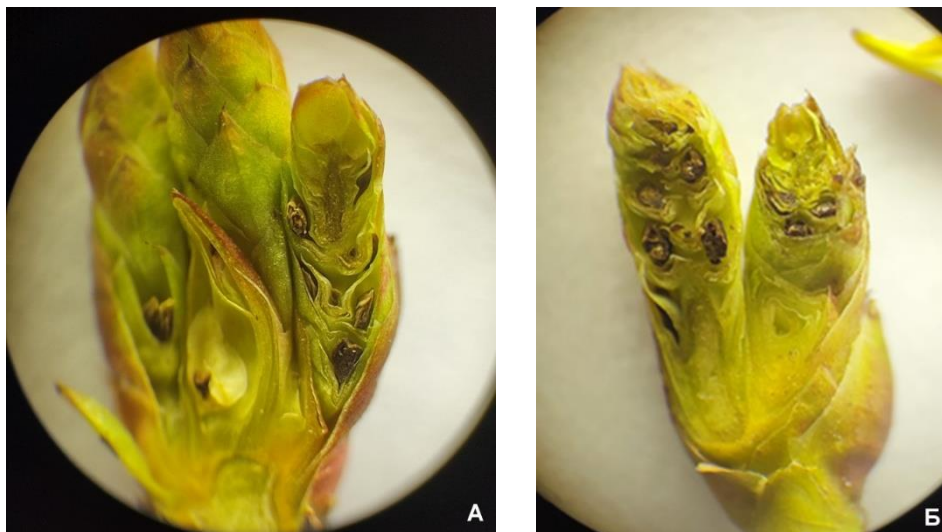


Рисунок 6 – Степень подмерзания цветочных почек растений рода Магония, январь...март, 2023 г., баллы ($\text{HCP}_{0,5}=0,17$)

В конце февраля 2023 года было отмечено увеличение степени повреждения цветочных почек. Ухудшение состояния растений обусловлено частыми резкими сменами оттепелей и

морозов при отсутствии снежного покрова или минимальном его наличии. Отдельные почки растений *Mahonia pinnata*, находящиеся выше уровня снежного покрова, повредились почти полностью (до 4,5 баллов). Почки, расположенные ниже уровня снега, имели меньшие повреждения и в марте частично восстановились. Тогда как повреждения почек у растений *Mahonia aquifolia* в процессе исследований в данном году были нарастающими (рисунки 6, 7).



А – *Mahonia pinnata*; Б – *Mahonia aquifolia*

Рисунок 7 – Поврежденные цветочные почки растений рода *Mahonia* (зима 2022...2023 гг.)

У магонии падуболистной на начало вегетационного периода отмечалось незначительное восстановление генеративных почек.

По результатам наших исследований по устойчивости растений рода *Mahonia* к повреждающим климатическим факторам зимнего периода видно, что *Mahonia pinnata* и *Mahonia aquifolia* ежегодно повреждаются под действием сильных морозов, резких понижений температуры после оттепелей и солнечного нагрева, а также в отдельные годы – весенними заморозками. В малоснежные зимы с частыми перепадами температур отмечается большее повреждение цветочных почек (в среднем до 4,5 баллов). Однако в целом *Mahonia pinnata* показала большую устойчивость к повреждающим факторам зимнего периода и восстановительную способность. Множество работ посвящено изучению растений рода *Mahonia*. В условиях Новочеркасска приводятся данные о высокой морозостойкости, засухоустойчивости и устойчивости к антропогенным нагрузкам (Абраменко и др., 2014). В своей диссертационной работе Т.И. Кольева (2010) отмечает, что растения рода *Mahonia* являются перспективными для выращивания в условиях Кемеровской области. Используются для озеленения населенных пунктов путем создания ландшафтных композиций разного стиля. В.Н. Сорокопудов и его коллеги (2013) в своей работе указывают на то, что *Mahonia* может произрастать в достаточно различных климатических условиях ЦЧЗ и Центральной Европы. Следовательно растения рода *Mahonia* можно рекомендовать для частных коллекций, а также для городского озеленения в качестве дополнительного ассортимента.

Выводы

Исследование степени устойчивости растений рода Магония к повреждающим климатическим факторам зимнего периода показало, что *Mahonia pinnata* и *Mahonia aquifolia* ежегодно повреждаются под действием сильных морозов, резких понижений температуры

после оттепелей и солнечного нагрева, а также в отдельные годы – весенними заморозками. В малоснежные зимы с частыми перепадами температур отмечается большее повреждение цветочных почек (в среднем до 4,5 баллов). Однако в целом *Mahonia pinnata* показала большую устойчивость к повреждающим факторам зимнего периода и восстановительную способность. Данный вид рода *Mahonia* можно рекомендовать для городского озеленения в качестве дополнительного ассортимента и для частных коллекций. *Mahonia aquifolia* рекомендуется для коллекционных садов, придомовых территорий и частных усадеб при условии укрытия растений в зимний период.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Абраменко А.Л., Кириченко Н.С., Таран С.С. Магония падуболистная в озеленении г. Новочеркасска // Успехи современного естествознания. 2014. 8. 113-114. <https://elibrary.ru/sejrrdd>
2. Абрамчук А.В., Карпухин М.Ю. Древесные растения в декоративном оформлении партерного газона // Аграрное образование и наука. 2016. 1. 1. <https://www.elibrary.ru/vmmzqx>
3. Болотов В.М., Рудаков О.Б. Химические пути расширения эксплуатационных свойств природных красителей из растительного сырья России // Химия растительного сырья. 1999. 4. 35-40. <https://www.elibrary.ru/hyrjcz>
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Колос, 1985. 352.
5. Емельянова О.Ю. К методике комплексной оценки декоративности древесных растений // Современное садоводство. 2016. 3. 54-74. <https://elibrary.ru/wkbmuuj>
6. Емельянова О.Ю., Цой М.Ф., Масалова Л.И. Аспекты интродукции и перспективы использования представителей рода *Juglans* L. в центральной России // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2024. 185, 3. 18-26. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2024-3-18-26>
7. Жидких О.Ю., Сорокопудов В.Н. Некоторые аспекты интродукции магонии падуболистной в Белгородской области // Научные ведомости Белгородского университета: Серия: Естественные науки. 2010. 9. 37-39. <https://www.elibrary.ru/mulvyv>
8. Жидких О.Ю., Сорокопудов В.Н. Магония для Центрального Черноземья // Цветоводство. 2011. 5. 32-34. <https://www.elibrary.ru/nxzmgi>
9. Кольева Т.И. Магония – перспективная культура для озеленения в Кемеровской области // Вестник ИРГСХА. 2011.44-4. 58-64. <https://elibrary.ru/nwewqr>
10. Лапин П.И., Сиднева С.В. Оценка степени подмерзания видов растений // Древесные растения Главного ботан. сада АН СССР. М.: Наука, 1975. 18-19.
11. Лепкович И.П. Ландшафтное искусство. Паркостроение, городское озеленение, биодизайн; эстетика сельской местности, усадеб, дорог; национальные парки, заповедники, резерваты. СПб.: ДИЛП, 2004. 400.
12. Масалова Л.И. Перспективность интродукции некоторых североамериканских растений в культурную дендрофлору и озеленение г. Орла // Научное обеспечение устойчивого развития плодоводства и декоративного садоводства: материалы конференции. Сочи: ВНИИЦиСК, 2019. 257-261. <https://www.elibrary.ru/ftzcmo>
13. Масалова Л.И. Перспективность использования североамериканских плодовых растений в садоводстве ЦЧР России // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2020. 7, 1-2. 102-105. <https://elibrary.ru/dbpall>

14. Масалова Л.И. Итоги изучения биоресурсной коллекции североамериканских растений дендрария ВНИИСПК // Современное садоводство. 2023. 4. 165-171. <https://elibrary.ru/ljoicq>
15. Меженский В.Н. Барбарис. Магония. М.: АСТ, 2005. 27.
16. Сорокопудов В.Н., Хлебников В.А., Дейнека В.И. Опыт интродукции магонии падуболистной и перспективы ее использования // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2006. 3. 35-36.
17. Сорокопудов В.Н., Ян Б., Жидких О.Ю., Сорокопудова О.А. Некоторые аспекты оценки успешности интродукции Магонии падуболистной для озеленения в Европе // Вестник Брянской ГСХА. 2013. 1. 14-18. <https://elibrary.ru/tgzmur>
18. Тюрина М.М., Гоголева Г.А., Ефимова Н.В., Голоулина Л.К., Морозова Н. Г., Эчеди Й.Й., Волков Ф.А., Арсентьев А.П., Матяш Н.А. Определение устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях. М.: ВСТИСП, 2002. 120.
19. Emelyanova O., Masalova L., Firsov A. Comprehensive assessment of the degree of landscape compositions ornamentality // E3S Web of Conferences. 2021. 06003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125406003>
20. Masalova L., Emelyanova O., Tsoy M., Pavlenkova G., Firsov A. Ecological and biological features of the development of introduced species of the genus *Abies* Mill // E3S Web of Conferences. 2021. 254. 06001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125406001>
21. Harber J., Becquer E.R. *Mahonia sagrana*, a new species from Cuba, and lectotypification of *Mahonia tenuifolia* and *Berberis fraxinifolia* from Mexico // Edinburgh Journal of Botany. 2023. 80. <https://doi.org/10.24823/ejb.2023.1961>

References

1. Abramenko, A.L., Kirichenko, N.S., & Taran, S.S. (2014). *Mahonia aquifolium* in the greening of Novocherkassk. *Advances in Modern Natural Sciences*, 8, 113-114. <https://elibrary.ru/sejrrd>. (In Russian, English abstract).
2. Abramchuk, A.V., & Karpushin, M.Yu. (2016). The woody plants in the decoration of parterre lawn. *Agrarian education and science*. 1, 1. <https://www.elibrary.ru/vmmzqx>. (In Russian, English abstract).
3. Bolotov, V.M., & Rudakov, O.B. (1999). Chemical ways of expanding the operational properties of natural dyes from Russian plant raw materials. *Khimija Rastitel'nogo Syr'ya*. 4, 35-40. <https://www.elibrary.ru/hyrjcz>. (In Russian).
4. Dospekhov, B.A. (1985). *The methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)*. Kolos. (In Russian).
5. Emelyanova, O.Yu. (2016). For method of complex assessment of woody plants decorativeness. *Contemporary horticulture*, 3, 54-74. <https://elibrary.ru/wkbmuj>. (In Russian, English abstract).
6. Emelyanova, O.Yu., Tsoy, M.F., & Masalova, L.I. (2024). Aspects of introduction and prospects for the use of *Juglans* L. representatives in Central Russia. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*, 185(3), 18-26. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2024-3-18-26>. (In Russian, English abstract).
7. Zhidkikh, O.Yu., & Sorokopudov, V.N. (2010). Some aspects of the introduction of *Mahonia aquifolium* in the Belgorod region. *Scientific Bulletin of Belgorod University: Series: Natural Sciences*, 9, 37-39. <https://www.elibrary.ru/mulvyv>. (In Russian, English abstract).
8. Zhidkikh, O.Yu., & Sorokopudov, V.N. (2011). *Mahonia* for the Central Black Earth region. *Floriculture*, 5, 32-34. <https://www.elibrary.ru/nxzmfg>. (In Russian).

9. Koljeva, T.I. (2011). Magoniya is an advanced culture for gardening in Kemerovo region // *Vestnik IRGSHA*, 44-4, 58-64. <https://elibrary.ru/nwewqr>. (In Russian, English abstract).
10. Lapin, P.I., & Sidneva, S.V. (1975). *Assessment of the degree of freezing of plant species. Woody plants of the Main Botanical Garden of the USSR Academy of Sciences*. (pp.18-19). Nauka. (In Russian).
11. Lepkovich, I.P. (2004). *Landscape art. Park construction, urban landscaping, biodesign; aesthetics of rural areas, estates, roads; national parks, reserves, reserves*. Dilya. (In Russian).
12. Masalova, L.I. (2019). The prospects of some North American plants introduction into a cultural dendroflora and landscape gardening in Orel city. In: *Scientific Support for Sustainable Development of Fruit Growing and Ornamental Gardening: conference proceedings*. (pp. 257-261). Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops. <https://www.elibrary.ru/ftzcmo>. (In Russian, English abstract).
13. Masalova, L.I. (2020). Prospects for the use of North American fruit plants in horticulture Central Russia. *Breeding and variety cultivation of fruit and berry crops*, 7(1-2), 102-105. <https://elibrary.ru/dbpall>. (In Russian, English abstract).
14. Masalova, L.I. (2023). Results of the study of the bioresource collection of deciduous North American plants of the VNIISPK arboretum. *Contemporary horticulture*, 4, 165-171. <https://elibrary.ru/lcioicq>. (In Russian, English abstract).
15. Mezheny, V.N. (2005). *Barberry. Mahonia*. AST. (In Russian)
16. Sorokopudov, V.N., Khlebnikov, V.A., & Deineka, V.I. (2006). Experience of introduction of *Mahonia aquifolium* and prospects of its use. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, 3, 35-36.
17. Sorokopudov, V.N., Yan B., Zhidkikh, O.Yu., & Sorokopudova, O.A. (2013.) Some aspects of assessing the success of the introduction of holly Magonia for landscaping in Europe. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*, 1, 14-18. <https://elibrary.ru/tgzmur>. (In Russian).
18. Tyurina, M.M., Gogoleva, G.A., Efimova, N.V., Goloulina, L.K., Morozova, N.G., Echedi, I.Y., Volkov, F.A., Arsenyev, A.P., & Matyash, N.A. (2002). *Determination of resistance of fruit and berry crops to cold season stressors in field and controlled conditions*. VSTISP. (In Russian).
19. Emelyanova, O., Masalova, L., & Firsov, A. (2021). Comprehensive assessment of the degree of landscape compositions' ornamentality. *E3S Web of Conferences*. 06003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125406003>
20. Masalova, L., Emelyanova, O., Tsoy, M., Pavlenkova, G., & Firsov, A. (2021). Ecological and biological features of the development of introduced species of the genus *Abies* Mill. *E3S Web of Conferences*. 254. 06001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125406001>
21. Harber, J., & Becquer, E.R. (2023). *Mahonia sagrana*, a new species from Cuba, and lectotypification of *Mahonia tenuifolia* and *Berberis fraxinifolia* from Mexico. *Edinburgh Journal of Botany*. 80. <https://doi.org/10.24823/ejb.2023.1961>

Авторы:

Любовь Игоревна Масалова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, masalova@orel.vniispk.ru
ORCID 0000-0001-6987-3705
SPIN: 8542-0233

Ольга Юрьевна Емельянова, кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, dendrariy@orel.vniispk.ru
ORCID 0000-0002-8710-2135

SPIN: 6797-8255

Authors:

Lyubov Masalova, Candidate in Agricultural Sciences, Senior Researcher in Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, masalova@orel.vniispk.ru
ORCID 0000-0001-6987-3705
SPIN: 8542-0233

Olga Emelyanova, Candidate in Biology Sciences, Leading Researcher, Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, dendrariy@orel.vniispk.ru
ORCID 0000-0002-8710-2135
SPIN: 6797-8255

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.