

ISSN 2312-6701 (online)

ВЫПУСК ПОСВЯЩЁН 90-летию
СВЕРДЛОВСКОЙ СЕЛЕКЦИОННОЙ СТАНЦИИ САДОВОДСТВА



СОВРЕМЕННОЕ САДОВОДСТВО – CONTEMPORARY HORTICULTURE

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

2025, №3



ПЕРСИЯНКА (*Malus domestica* Borkh.)

Диброва П.А., Котов Л.А.

Учредитель и издатель:

ФГБНУ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СЕЛЕКЦИИ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР»



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

**СОВРЕМЕННОЕ САДОВОДСТВО –
CONTEMPORARY HORTICULTURE**
Сетевое издание

ПЕРИОДИЧНОСТЬ
4 номера в год

РЕЕСТРОВАЯ ЗАПИСЬ СМИ
серия Эл № ФС77-77630 от
31.12.2019 г.

ТЕМАТИКА

К публикации принимаются
оригинальные статьи, отражающие
проблематику и результаты
фундаментальных и прикладных
научных исследований в области
генетики, селекции, сортоизучения,
интродукции, биотехнологии,
физиологии, биохимии, иммунитета,
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, № 3

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 СИФИР 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****СОВРЕМЕННОЕ САДОВОДСТВО – CONTEMPORARY HORTICULTURE****2025, Issue 3**

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

Тележинский Д.Д. История и современное состояние селекции груши на Среднем Урале (обзор)	6-15
Чеботок Е.М. История исследований и основные достижения на современном этапе в изучении и селекции смородины на Среднем Урале (обзор)	16-31
Худякова А.В., Маркова М.Г., Невоструева Е.Ю. Скрининг сортов земляники садовой селекции Свердловской селекционной станции садоводства на наличие локуса резистентности <i>08 To-f</i>	32-39
Муравьев Г.А., Барыбкина Т.М. Селекционные перспективы повышения продуктивности и качества урожая смородины чёрной в аридной зоне Енисейской Сибири	40-53
Багмет Л.В., Чеботок Е.М. Номенклатурные стандарты сортов жимолости селекции Южно-Уральского НИИ садоводства и картофелеводства ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН	54-72

ДЕКОРАТИВНОЕ САДОВОДСТВО

Чооду Б.М., Локтева А.В., Горбунов А.Б. Применение наночастиц металлов при размножении <i>Ribes atropurpureum</i> С.А. Меу. и её гибридов зелёными черенками	73-87
Амброс Е.В. Влияние регуляторов роста растений и способа вегетативного размножения на генеративную продуктивность растений – регенерантов земляники садовой	88-97
Ершова И.В. Содержание биологически активных фенольных соединений в плодах облепихи (<i>Hipporhaë rhamnoides</i> L.) в условиях юга Западной Сибири	98-109
Азарова М.Ю., Ожередова А.Ю., Устименко Е.А., Зверева О.С. Влияние комбинированных систем минерального питания на продуктивность сортов яблони и экономическую эффективность их применения	110-122
Будимиров А.С. Мучнисторосые грибы (<i>Helotiales, Erysiphaceae</i>) на многолетних плодовых культурах в Свердловской области	123-132
Пальцев Л.А., Суслов Е.А., Харлап С.Ю., Цыбин В.А. Подбор оптимальных условий выращивания руколы при возделывании в условиях гидропонной культуры	133-142

CONTENTS

GENETICS, BREEDING, STUDY OF VARIETIES

Telezhinskiy D.D. History and current state of pear breeding in the Middle Urals (review)	6-15
Chebotok E.M. History of research and major achievements at the present stage in the study and breeding of currants in the Middle Urals (review)	16-31
Khudyakova A.V., Markova M.G., Nevostrueva E.Yu. Screening of strawberry cultivars bred by Sverdlovsk Horticultural Breeding Station for the presence of <i>08 To-f</i> loci of resistance	32-39
Muravyev G.A., Barybkina T.M. Breeding prospects for improving yield productivity and quality of black currant in the arid zone of Yenisei Siberia	40-53
Bagmet L.V., Chebotok E.M. Nomenclatural standards of honeysuckle cultivars created South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing	54-72

NURSERY AND HORTICULTURE

Choodu B-B.M., Lokteva A.V., Gorbunov A.B. Application of metal nanoparticles in the propagation of <i>Ribes atropurpureum</i> C.A. Mey. and their hybrids using softwood cuttings	73-87
Ambros E.V. Influence of plant growth regulators and method of vegetative propagation on the generative productivity of garden strawberry plantlets	88-97
Ershova I.V. Contents of biologically active phenolic compounds in sea buckthorn fruits (<i>Hippophaë rhamnoides</i> L.) under the conditions of the south of Western Siberia	98-109
Azarova M.Y., Ozheredova A.Y., Ustimenko E.A., Zvereva O.S. The impact of combined mineral nutrition systems on the productivity of apple varieties and the economic efficiency of their use	110-122
Budimirov A.S. Powdery mildews (<i>Helotiales, Erysiphaceae</i>) on perennial fruit crops in Sverdlovsk Region (Russia)	123-132
Palcev L.A., Suslov E.A., Kharlap S.Y., Tsybin V.A. Selection of optimal conditions for growing arugula in hydroponic culture	133-142

УДК 634.13

История и современное состояние селекции груши на Среднем Урале (обзор)

Д.Д. Тележинский¹ 

¹ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», 620142, ул. Белинского, 112а, г. Екатеринбург, Россия, sadovodnauka@mail.ru

Аннотация

На протяжении 90 лет на Свердловской селекционной станции садоводства проводится селекция груши. Сорта груши, созданные здесь, адаптированы для суровых климатических условий Среднего Урала. Вся селекционная работа базируется на самом морозостойком виде груши – Груше уссурийской (*Pyrus ussuriensis* Maxim.). Первоначально скрещивания были направлены на получение гибридов первого поколения от уссурийской груши, которые в основной массе были высокозимостойкими и с невысоким качеством плодов. На следующем этапе селекционной работы проводились насыщающие скрещивания гибридов первого поколения от уссурийской груши с качественными сортами южной зоны садоводства, по такой схеме созданы большинство современных сортов станции. В настоящее время скрещивания проводятся между гибридами второго поколения, а также насыщающие скрещивания гибридов первого и второго поколения с сортами южной зоны садоводства. По такой схеме получено большое количество отборных и элитных сеянцев груши. На данный момент в государственном реестре сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию, находится 11 сортов груши, созданных в Свердловской ССС. Селекционеры, внёсшие основной вклад в создание сортов груши: П.А. Диброва (годы работы 1938...1965), Л.А. Котов (годы работы 1963...2020), Д.Д. Тележинский (с 1999 г. по настоящее время).

Ключевые слова: селекция, селекционер, гибридный фонд, Свердловская область, *Pyrus ussuriensis*

History and current state of pear breeding in the Middle Urals (review)

D.D. Telezhinskiy¹ 

¹Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science, Belinskogo Street, 112a, Ekaterinburg, Russia, 620142, sadovodnauka@mail.ru

Abstract

The Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture has been breeding pears for 90 years. The pear varieties developed here are adapted to the harsh climatic conditions of the Middle Urals. All breeding work is based on the most frost-hardy pear species — *Pyrus ussuriensis* Maxim. Initially, the crossbreeding was aimed at obtaining first-generation hybrids from the Ussuri pear, which were mostly highly winter-hardy and had low-quality fruits. The next stage of breeding work involved crossing first-generation hybrids from the Ussuri pear with varieties from the southern horticultural zone. This method was used to create most of the station's modern varieties. Currently, crossbreeding is being conducted between second-generation hybrids, as well as saturation crosses of first- and second-generation hybrids with varieties native to the southern horticultural zone. This method has produced a large number of elite pear seedlings. Currently, the state register of breeding achievements approved for use contains 11 pear varieties developed by the Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture. The breeders who made the main contributions to the creation of

these pear varieties include P.A. Dibrova (years of work 1938—1965), L.A. Kotov (years of work 1963—2020), and D.D. Telezhinskiy (1999—present).

Key words: breeding, breeder, hybrid fund, Sverdlovsk region, *Pyrus ussuriensis*

Введение

Климат Среднего Урала характеризуется морозной продолжительной зимой и коротким прохладным летом. В зимний период температура практически ежегодно опускается ниже минус 30°C, а в суровые зимы в некоторых районах и до минус 47°C. Вегетационный период очень короткий – 109...119 дней, сумма активных температур в среднем составляет 2032°C. Для садоводства Среднего Урала, характеризующегося неблагоприятными для садоводства климатическими условиями, необходим особый высоко адаптированный сортимент плодовых культур. Свердловская селекционная станция садоводства является единственным научным учреждением, специализирующимся на создании сортимента груши для пловодства региона (Тарасова, 2020). Цель данной работы – изучить историю создания современного сортимента груши на Среднем Урале и оценить вклад селекционеров, работавших с этой культурой.

Результаты и их обсуждение

Свердловская селекционная станция садоводства была образована из Свердловского опорного пункта Научно-исследовательского института пловодства им. И. В. Мичурина, созданного по решению исполкома Свердловского областного Совета депутатов трудящихся 8 июня 1935 г., и эта дата считается днем основания станции (Богданова и др. 2010). С 2018 г. Свердловская селекционная станция садоводства стала структурным подразделением ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр УрО РАН».

На Свердловской селекционной станции садоводства работу по селекции груши начала Евдокия Андреевна Лаптева. В 1936 году, она провела гибридизацию уссурийской груши с сортами Бессемянка, Бере Боск, Вильямс, Малгоржатка (Отчеты станции о НИР за 1936...1937 гг.). С 1939 года селекцией груши занялся Порфирий Афанасьевич Диброва (рисунок 1) (Слепнева, Шлявас, 2021).



Рисунок 1 – Порфирий Афанасьевич Диброва проводит гибридизацию

В 1938...1943 гг. П.А. Диброва с коллегами проводили экспедиционные обследования приусадебных участков Свердловской, Молотовской (Пермской) областей и Удмуртской АССР с целью выявления лучших местных народных сеянцев для испытания и создания коллекции исходных форм для дальнейшей селекции (Богданова и др., 2010). Например, только в 1941 г. сотрудники станции обследовали 25 районов Свердловской, Молотовской областей, Удмуртии и выявили 427 местных сортов плодовых и ягодных культур (Слепнева, 2021).

В результате проведённых экспедиционных обследований не было найдено ни одного перспективного сеянца груши народной селекции. Садоводы-опытники предпринимали безуспешные попытки выращивать в штамбовой форме мичуринские и среднерусские сорта и сеянцы от посева семян южных сортов, но в стланцевой форме некоторые среднерусские сорта груши, такие как Бессемянка и Тонковетка, вполне сносно плодоносили у опытных садоводов-любителей, хотя и уступали по надёжности стланцевой яблоне. Появление интродуцированных с Дальнего Востока сортов Тёма и Поля – гибридов дикой уссурийской груши со старинными сортами средней полосы России можно считать прорывом того времени в области пловодства (Слепнева, Шлявас, 2021).

За основу в селекции П.А. Диброва использовал самый зимостойкий вид груши – Грушу уссурийскую, скрещивая её с Бере Боск, Лесной красавицей, Деканкой зимней и другими западноевропейскими сортами. Основой сортимента груши в Свердловской области долгое время были сорта Тёма и Поля, созданные А.М. Лукашовым, затем в него вошли сорта Альфа (Уссурийская отборная × Вильямс), Бета (Уссурийская груша × Бере зимняя Мичурина + Бере Арданпон + Деканка зимняя + Пасс Крассан), Исетская (Уссурийская №5 × Бере Лигеля + Бере Боск + Лесная красавица), Арабка (Уссурийская №2 × Бере Боск + Деканка зимняя) (рисунок 2), выведенные П.А. Диброва (Бирюков и др., 1964; Слепнева, Шлявас, 2021). Эти сорта уступали сорту Тёма по средней массе плода, но превосходили её по вкусу, хотя до современных качественных сортов груши им по этому показателю было далеко (Котов, 2005, 2020).

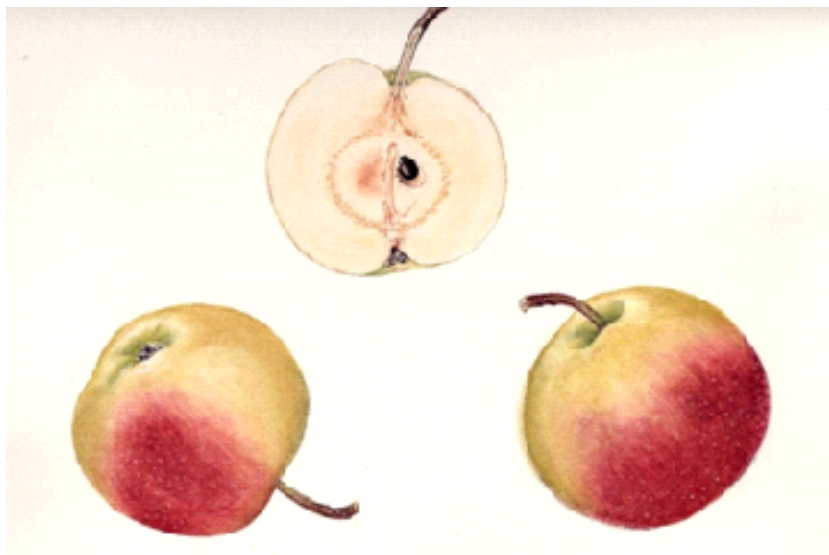


Рисунок 2 – Сорт груши Арабка

С 1965 года селекционную работу по груше продолжил Леонид Андриянович Котов (рисунок 3) (Слепнева и др., 2004). Климатические условия того времени были более суровыми, поэтому скрещивания были направлены на получение высокзимостойких

гибридов первого поколения уссурийской груши. Плоды этих гибридов в подавляющем большинстве случаев обладают низким качеством плодов (Тележинский, 2011а). Позднее Л.А. Котов проводил насыщающие скрещивания гибридов первого поколения уссурийской груши с сортами южной зоны садоводства, т.к. в их потомстве намного чаще встречаются растения с высоким качеством плодов (Тележинский, 2011б). На данный момент большая часть сортов, выведенных на Свердловской ССС, является гибридами второго поколения, произошедшими от уссурийской груши.



Рисунок 3 – Л.А. Котов у цветущей декоративной яблони

С 1991 г. работает сотрудник по сортоизучению груши Галина Нурисламовна Тарасова, с её участием районировано 9 сортов груши и заложены новые опыты по сортоизучению новых элитных и отборных форм (рисунок 4).



Рисунок 4 – Участок по сортоизучению груши 2020 г. посадки

С 1999 г. под руководством Л.А. Котова селекцией груши стал заниматься Дмитрий Дмитриевич Тележинский, а с 2007 г. он стал проводить её самостоятельно. На современном этапе скрещивания проводятся по следующим схемам: гибриды второго поколения скрещиваются между собой и с гибридами третьего поколения. Таким образом, удаётся не растерять зимостойкость и совместить её с хорошим вкусом плодов. Также проводятся насыщающие скрещивания зимостойких гибридов первого и второго поколения с лучшими южными сортами. К сожалению, сейчас пыльца высококачественных южных и зарубежных сортов для нас малодоступна из-за разрыва связей с селекционными учреждениями южных широт и плачевного состояния сельскохозяйственной науки в целом. По предварительным данным, комбинации скрещиваний, полученные по схеме, где гибриды второго поколения скрещиваются между собой, гораздо более продуктивны по выходу отборных сеянцев, чем семьи, полученные по схеме, где гибриды первого поколения скрещиваются с южными сортами. Это можно объяснить тем, что большинство хозяйственно-ценных признаков груши, связанных с качеством плода (масса, вкус, способность к хранению и др.), являются полигенными, а у гибридов второго поколения их выраженность выше, то есть набор генов, ответственных за проявление нужного нам признака, более полный, чем у гибридов первого поколения. Зимостойкость у сеянцев из семей, где гибриды второго поколения скрещиваются между собой, практически не снижается относительно родительских форм, а у части растений может быть даже выше их за счет комбинации набора генов, ответственных за зимостойкость. Для ускорения селекционного процесса выделившиеся в гибридном саду отборные сеянцы необходимо как можно быстрее включать в селекционные программы и проводить с ними гибридизацию.

На результативность селекционного процесса, помимо грамотного подбора родительских форм для гибридизации и её объема, очень сильно влияет технология закладки гибридных садов и доведения как можно большего количества гибридных сеянцев до плодоношения. До 2007 г. на нашей станции гибридные сады закладывались по общепринятой технологии: гибридные семена после предварительной стратификации высевались на селекционные гряды и в двухлетнем возрасте гибридные сеянцы должны были высаживаться в гибридные сады. Но пересадка и последующий уход за ними – это очень трудоёмкие работы, и в период практически полного отсутствия трудовых ресурсов эти работы иногда не проводятся. Не рассаженные сеянцы на селекционных грядах при этом перерастают, и большинство из них гибнет из-за высокой густоты. После пересадки сеянцев в гибридный сад требуется своевременный и обильный многократный полив. В засушливые годы, при отсутствии должного ухода, часть рассаженных сеянцев гибнет, а часть задерживается в развитии, отодвигая плодоношение и этап оценки гибридов по качеству плодов на несколько лет. С 2007 года нам удалось оптимизировать процесс закладки гибридных садов, снизить трудозатраты, ускорить вступление в плодоношение гибридных сеянцев и увеличить количество дошедших до плодоношения гибридов. Мы исключили этап выращивания сеянцев на селекционных грядах и, соответственно, болезненную трудозатратную пересадку их в гибридный сад. Стратифицированные семена высеваются сразу в гибридный сад на постоянное место в подготовленные борозды. Посев производится в две строчки в ряду с 5-метровыми междурядьями. Расстояние между строчками 0,3...0,4 м. Густота посева семян зависит от ценности семьи и количества семян и составляет, в среднем, 20...40 шт. на погонный метр двухстрочной посадки. Данная схема посадки продиктована дефицитом земельных участков для селекционной работы. До плодоношения доходит обычно 5...6 растений на погонный метр ряда. Сеянцы при такой технологии часто развивают сильный, стержневой, уходящий в глубину корень, легко переносят засуху, хорошо растут и быстрее вступают в плодоношение.

На данный момент в Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию, включены девять сортов груши, выведенных на Свердловской ССС (Бережёная, Гвидон, Добрянка, Заречная, Пермьячка, Талица, Розовый бочонок, Султан, Чусовая) и два сорта, выведенных совместно с другими НИИ (Радужная, Свердловчанка). На 9 сортов имеются патенты. Л.А. Котов – основной автор 10 сортов, часть сортов создана в соавторстве с сотрудником по сортоизучению Г.Н. Тарасовой (9 сортов) и Д.Д. Тележинским (3 сорта). Сорт Свердловчанка (авторы Л.А. Котов и Г.В. Кондратьева) создан совместно с Саратовской сельскохозяйственной академией им. Н.И. Вавилова и Саратовской опытной станцией садоводства и широко распространён в Саратовской области. Л.А. Котов высылал для испытания в Саратовскую область сеянцы груши, и в результате был выделен элитный сеянец, получивший впоследствии название Свердловчанка. Сорт груши Радужная (авторы Э.А. Фалкенберг, Г.Н. Тарасова) создан в Южно-Уральском НИИ плодоовощеводства и картофелеводства Э.А. Фалкенбергом, хорошо проявил себя при испытании в Свердловской области и передан сотрудником по сортоизучению груши Свердловской ССС Г.Н. Тарасовой в Государственное сортоизучение и районирован по 4 региону. На Свердловской станции садоводства на современном этапе создано более 80 отборных и элитных сортоформ летне-осеннего периода потребления. Также выделены перспективные сеянцы с длительным периодом потребления плодов: Сретенская, Островитянка-2, НС 1/220 (рисунок 5), ЗС V-21/416, ЗС III-24/1117 и некоторые другие, которые активно используются в селекции для наращивания объема гибридного фонда сеянцев с плодами позднего срока созревания.



Рисунок 5 – Плоды элитного сеянца НС 1/220

В разных регионах страны в селекции используется свой набор исходных форм груши, и, поэтому, результаты по оценке исходных форм в других регионах нельзя использовать в полной мере без учёта климатических особенностей местности проведения исследований. Основным фактором, ограничивающим распространение груши на Среднем Урале, является её невысокая зимостойкость. В силу климатических особенностей этого региона на Свердловской селекционной станции садоводства в селекции используются исходные формы с высоким уровнем зимостойкости, в том числе и свои собственные, которые применяются только здесь. На Свердловской селекционной станции садоводства Л.А. Котовым и Д.Д. Тележинским создан большой гибридный фонд груши, и для повышения эффективности селекционного процесса этот фонд был исследован и дана селекционная

оценка исходным формам груши по потомству (Тележинский, 2011а, 2011б, 2011в, 2014, 2016).

На данный момент гибридный фонд груши на станции составляет почти 29 тысяч растений и ежегодно пополняется.

Основные направления селекции на современном этапе:

- Создание зимостойких сортов с длительным периодом потребления плодов;
- Создание зимостойких сортов с высоким качеством плодов;
- Яркая окраска плода (рисунок 6);
- Компактный тип роста.



Рисунок 6 – Сеянец 3С II-19/5 (Тема × Бирюзовая) с ярко-красной окраской плода

В климатических условиях Среднего Урала не распространены наиболее опасные болезни (парша, септориоз и буроватость, бактериоз и бактериальный ожог) и вредители груши, часто встречающиеся в более южных регионах, поэтому селекция на устойчивость к ним здесь не столь актуальна, как в других зонах плодоводства. К тому же, для успешной селекции на устойчивость, отсутствует необходимый провокационный фон, а вся селекция здесь основана на уссурийской груше, которая является комплексным донором устойчивости ко многим болезням.

На Свердловской селекционной станции с 1990 г. Л.А. Котовым, а в последние годы Г.Н. Тарасовой проводится работа по созданию карликового клонового подвоя для уральских сортов груши на основе айвы обыкновенной и карликовой формы лохолистной груши (Котов, Казанцева, 2002). Получены обнадеживающие результаты и это направление продолжает развиваться.

Заключение

На Свердловской селекционной станции садоводства благодаря непрерывному селекционному процессу и преемственности создано 11 сортов и несколько десятков элитных и отборных сеянцев груши, адаптированных для Среднего Урала, ведётся обновление и наращивание гибридного фонда, выделение источников основных хозяйственно ценных признаков для селекции.

Благодарности

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Финансирование

Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания 0532-2021-0008 «Создание конкурентноспособных, высокоурожайных сортов зерновых, зерно-бобовых, кормовых, плодово-ягодных культур и картофеля мирового уровня на основе перспективных генетических ресурсов, устойчивых к био- и абиотическим факторам».

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Бирюков М.П., Диброва П.А., Левитин Х.З., Сальников В.В. Садоводство Среднего Урала. Свердловск: Средне-Уральское книжное Издательство, 1964. 111-115.
2. Богданова И.И., Демин Н.С., Нащекина А.С. Свердловской селекционной станции садоводства – 70 лет // Перспективы северного садоводства на современном этапе: материалы конференции. Екатеринбург, 2005. 15.
3. Богданова И.И., Нащекина А.С., Демин Н.С. Итоги деятельности Свердловской селекционной станции садоводства за 75 лет и перспективы развития // Научное обеспечение адаптивного садоводства Уральского региона: материалы конференции. Екатеринбург: ГНУ Свердловская ССС ВСТИСП Россельхозакадемии, 2010. 4-28. <https://www.elibrary.ru/whlsuv>
4. Котов Л.А., Казанцева Н.В. Создание карликового клонового подвоя груши в условиях Среднего Урала // Повышение эффективности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений. Новосибирск. Новосибирский ГАУ, 2002. 237-243. <https://www.elibrary.ru/xtspfr>
5. Котов Л.А. Памяти Диброва Порфирия Афанасьевича // Перспективы северного садоводства на современном этапе: материалы конференции. Екатеринбург: Свердловская ССС, 2005. 43. <https://www.elibrary.ru/zgsxkr>
6. Котов Л.А. Диброва Порфирий Афанасьевич – выдающийся селекционер уральских сортов яблони // Современное садоводство. 2020. 1. 1-9. <https://www.elibrary.ru/stzjis>
7. Слепнева Т.Н., Чеботок Е.М., Тележинский Д.Д., Павлова О.А. Котов Леонид Андриянович: к 95-летию со дня рождения. Материалы к биобиблиографии ученого, селекционера по семечковым культурам, кандидата сельскохозяйственных наук. Екатеринбург: УрФАНИЦ УрО РАН, 2024. 40. <https://www.elibrary.ru/mcenzs>
8. Слепнева Т.Н., Шлявас А.В. Порфирий Афанасьевич Диброва – у истоков научного пловодства Урала // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. 182, 2. 163-172. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-2-163-172>
9. Тарасова Г.Н. Результаты сортоизучения груши в условиях Среднего Урала // Перспективы северного садоводства на современном этапе: материалы конференции. Екатеринбург: Свердловская ССС, 2005. 115-118. <https://www.elibrary.ru/xsyftv>
10. Тарасова Г.Н. Компоненты продуктивности новых сортов и селекционных форм груши на Среднем Урале // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. 181, 2. 101-107. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-2-101-107>
11. Тележинский Д.Д. Наследование вкуса плодов в потомстве уссурийской груши *Pyrus ussuriensis* Maxim. // Плодоводство и ягодоводство России. 2011а. 28, 2. 250-256. <https://www.elibrary.ru/nynggh>

12. Тележинский Д.Д. Наследование зимостойкости в гибридном потомстве уссурийской груши // Аграрный вестник Урала. 2011б. 1. 62-63. <https://www.elibrary.ru/pbaljn>
13. Тележинский Д.Д. Наследование крупноплодности в потомстве от груши уссурийской // Садоводство и виноградарство. 2011в. 5. 18-20. <https://www.elibrary.ru/ohryvv>
14. Тележинский Д.Д. Наследование признака позднего срока созревания плодов в гибридном потомстве уссурийской груши // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. 40, 2. 228-232. <https://www.elibrary.ru/tbefjb>
15. Тележинский Д.Д., Котов Л.А. Наследование признака антоциановой окраски плодов и его влияние на зимостойкость гибридных сеянцев груши // Аграрный вестник Урала. 2016. 9. 63-67. <https://www.elibrary.ru/yqqjld>

References

1. Biryukov, M.P., Dibrova, P.A., Levitin, H.Z., & Salnikov, V.V. (1964). *Horticulture of the Middle Urals* (pp. 111-115). The Central Ural Publishing House. (In Russian).
2. Bogdanova, I.I., Demin, N.S., & Nashchekina, A.S. (2005). Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture – 70 years old. In *Prospects of Northern Horticulture at the Present Stage* (pp. 15). (In Russian).
3. Bogdanova, I.I., Nashchekina, A.S., & Demin, N.S. (2010). Results of the Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture for 75 years and development prospects. In *Scientific Support of Adaptive Horticulture in the Ural Region: conference proceedings* (pp. 4-28). Yekaterinburg. - EDN WHLSUV. <https://www.elibrary.ru/whlsuv>. (In Russian).
4. Kotov, L.A., & Kazantseva, N.V. (2002). The creation of a dwarf clonal rootstock of pears in the conditions of the Middle Urals. In *Improving the Efficiency of Breeding and Seed Production of Agricultural Plants* (pp. 237-243). Novosibirsk SAU. <https://www.elibrary.ru/xtspfr>. (In Russian).
5. Kotov, L.A. (2005). In memory of Porfiry Afanasyevich Dibrova. In *Prospects of Northern Horticulture at the Present Stage* (pp. 43). Sverdlovsk Horticulture Breeding Station. <https://www.elibrary.ru/zgsxkr>. (In Russian).
6. Kotov, L.A. (2020). Dibrova Porfiry Afanasievich is an outstanding breeder of Ural apple varieties. *Contemporary Horticulture*, 1, 1-9. <https://www.elibrary.ru/stzjis>. (In Russian, English abstract).
7. Slepneva, T.N., Chebotok, E.M., Telezhinsky, D.D., & Pavlova, O.A. (2024). *Leonid Andrianovich Kotov: on the 95th Anniversary of His Birth. Materials for the Bio-Bibliography of the Scientist, Seed Breeder, Candidate of Agricultural Sciences*. Ural Federal Agrarian Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. <https://www.elibrary.ru/mcenzs>. (In Russian).
8. Slepneva, T.N., & Shlyavas, A.V. (2021). Porfiry Afanasyevich Dibrova: at the origins of scientific pomiculture in the Urals. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 182(2), 163-172. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-2-163-172>. (In Russian, English abstract).
9. Tarasova, G.N. (2005). Results of pear variety study in the conditions of the Middle Urals. In *Prospects of Northern Horticulture at the Present Stage: conference proceedings* (pp. 115-118). Sverdlovsk Horticulture Breeding Station. <https://www.elibrary.ru/xsyftv>. (In Russian).
10. Tarasova, G.N. (2020). Yield components in new pear cultivars and breeding forms in the Middle Urals. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 181(2), 101-107. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-2-101-107>. (In Russian, English abstract).
11. Telezhinskiy, D.D. (2011a). Inheritance of fruit flavor in the offspring of the Ussuri pear *Pyrus ussuriensis* Maxim. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*, 28(2), 250-256. <https://www.elibrary.ru/nynggh>. (In Russian, English abstract).

12. Telezhinskiy, D.D. (2011b). Winter hardiness inheritance in hybrid posterity of the pyrus ussuriensis. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 1, 59-60. <https://www.elibrary.ru/pbaljn>. (In Russian, English abstract).
13. Telezhinskiy, D.D. (2011в). Inheritance of large-fruited offspring from the Ussuri pear. *Horticulture and viticulture*, 5, 18-20. <https://www.elibrary.ru/ohryvv>. (In Russian).
14. Telezhinskiy, D.D. (2014). Inheritance of traits of late fruit ripening in the hybrid offspring of ussurian pear. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*, 40(2), 228-232. <https://www.elibrary.ru/tbefjb>. (In Russian, English abstract).
15. Telezhinskiy, D.D., & Kotov, L.A. (2016). Inheritance of anthocyanin fruit coloration and its effect on the winter hardiness of pear hybrid seedlings. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 9, 63-67. <https://www.elibrary.ru/yqqjld>. (In Russian, English abstract).

Автор:

Дмитрий Дмитриевич Тележинский, с.н.с., Свердловская селекционная станция садоводства структурное подразделение ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ddt77@list.ru
ORCID 0000-0002-4783-2029
SPIN: 5602-6756

Author:

Dmitry D. Telezhinskiy, Senior Researcher in The Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science, structural division of the Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture, ddt77@list.ru
ORCID 0000-0002-4783-2029
SPIN: 5602-6756

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 634.721

История исследований и основные достижения на современном этапе в изучении и селекции смородины на Среднем Урале (обзор)

Е.М. Чеботок¹ 

¹ФГБНУ 'Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук', 620142, ул. Белинского, 112а, г. Екатеринбург, Россия, sadovodnauka@mail.ru

Аннотация

На протяжении 90 лет на Свердловской селекционной станции садоводства ведется непрерывное формирование биоресурсной коллекции смородины, совершенствование сортимента для выращивания в условиях Среднего Урала, выделение источников хозяйственно полезных признаков для дальнейшей научной работы. Основной вклад в селекцию смородины черной внесли кандидаты сельскохозяйственных наук Г.А. Захаров и Т.В. Шагина. К концу 2025 года в Государственном реестре сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию, находится 10 сортов селекции Свердловской селекционной станции садоводства ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН. В настоящее время на Среднем Урале проводятся исследования с использованием современных методов и технологий. В связи с увеличением площадей производства ягодной продукции, начата работа по созданию сортов смородины черной, пригодных к механизированной уборке урожая. По комплексу признаков выделено 5 сортообразцов. В 2024...2025 годах на примере коллекции смородины черной изучен генетический полиморфизм исходного и селекционного материала по микросателлитным локусам, получены профили для генетической идентификации 33 сортов. Проведенное исследование показало, что локусы *R. nigrum*, расположенные в различных группах сцепления, могут быть амплифицированы 'в одной пробирке'. Научное сотрудничество способствует увеличению эффективности научных исследований. В 2020 году совместно с ФГБНУ ФИЦ ВИР зарегистрированы в БД 'Гербарий ВИР' и переданы на хранение в типовой фонд Гербария культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (WIR) номенклатурные стандарты 24 сортообразцов смородины черной селекции Свердловской ССС. С 2021 по 2023 годы совместно с ФГБОУ ВО 'Уральский государственный экономический университет' проведены исследования ягод смородины на содержание антиоксидантов и биохимических показателей. Исследовано 23 сорта черной и 10 – красной смородины.

Ключевые слова: *Ribes*, сортоизучение, отбор, Свердловская область

History of research and major achievements at the present stage in the study and breeding of currants in the Middle Urals (review)

Е.М. Chebotok¹ 

¹Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science, Belinskogo Street, 112a, Ekaterinburg, Russia, 620142, sadovodnauka@mail.ru

Abstract

For 90 years, the Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture has been continuously building a currant bioresource collection, improving the assortment for cultivation in the Middle Urals, and identifying sources of economically useful traits for further research. The main contribution to the breeding of black currant was made by candidates of agricultural sciences G.A. Zakharov and T.V. Shagina. By the end of 2025, the State Register of Breeding Achievements Approved for Use in

the Russian Federation has included 10 varieties created at the Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture - structural subdivision FSBSI UrFASRC, UrB of RAS. Currently, research is being conducted in the Middle Urals using modern methods and technologies. Due to the expansion of berry production areas, work has begun on developing blackcurrant varieties suitable for mechanized harvesting. 5 varieties were selected based on a set of characteristics. In 2024–2025, genetic polymorphism of the original and breeding material was studied using microsatellite loci, and profiles for the genetic identification of 33 varieties were obtained. The study demonstrated that *R. nigrum* loci located in different linkage groups can be amplified 'in a single test tube.' The scientific collaboration contributes to the increased efficiency of scientific research. In 2020, jointly with the Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), nomenclature standards for 24 blackcurrant cultivar accessions bred by the Sverdlovsk BSH were registered in the VIR Herbarium database and transferred for storage to the Model Fund of the Herbarium of Cultivated Plants of the World, their Wild Relatives, and Weeds (WIR). From 2021 to 2023, research on the antioxidant content and biochemical indicators of currant berries was conducted jointly with the Ural State University of Economics. 23 varieties of black currant and 10 varieties of red currant were studied.

Key words: *Ribes*, variety study, selection, Sverdlovsk region

Введение

Смородина черная является ведущей ягодной культурой как в России в целом, так и на Среднем Урале в частности. Свои высокие позиции она завоевала благодаря комплексу хозяйственно полезных признаков, которые обеспечивают экономическую целесообразность ее возделывания (Астахов, 2007; Сазонов, 2018; Макаренко и др., 2022). Смородина красная также актуальная культура для любительского и промышленного садоводства на Урале (Хроменко, Воробьев, 2013; Якименко, 2001; Голяева, Панфилова, 2014; Сорокопудов и др., 2021).

Средний Урал – зона рискованного земледелия, особенно это касается садовых культур: ежегодные зимние понижения температуры воздуха до $-35...-40^{\circ}\text{C}$ (исторический минимум за период наблюдений $-48,3^{\circ}\text{C}$), перепады от оттепели к морозу, поздневесенние заморозки (Богданова, Невоструева, 2015). В последние годы (пять лет подряд) наблюдается жаркое лето при недостаточном количестве осадков (Невоструева, 2024).

Селекционная работа по смородине черной на Свердловской селекционной станции садоводства с момента образования по сегодняшний день направлена на создание и совершенствование адаптивного сортимента смородины черной для нестабильных условий Среднего Урала (Шагина, 2005; Шагина 2010; Чеботок, 2020а). Сортотизучение интродуцированных сортов красной, белой и золотистой смородины ведется для подбора сортимента для выращивания в уральском регионе.

Результаты и их обсуждение

На Свердловской селекционной станции садоводства изучением и селекцией смородины черной занимались практически с момента образования организации. Первый сорт 'Уральский Великан' был выведен в 1941 г. из сеянцев, полученных в 1936 г. к.с.-х.н. П.А. Диброва и Е.А. Лаптевой (Макаренко и др., 2022). В дальнейшем селекционную работу вели: с 1941 г. А.Ф. Тамарова, с 1949 г., в течение 16 лет, – к.б.н. Х.З. Левитин, затем О.Ф. Яничкина, М.П. Константинова, с 1965 г. – к.с.-х.н. Г.А. Захаров, с 1982 по 2016 г. – к.с.-х.н. Т.В. Шагина. С 2006 г. работу продолжает к.с.-х.н. Е.М. Чеботок (Богданова и др., 2016).

На начальном этапе исследований главной целью было проанализировать накопленный в регионе опыт выращивания смородины. Параллельно проводился поиск и отбор наиболее

перспективных дикорастущих растений, а также изучались уже известные сорта. Лучшие образцы были включены в селекционную программу для выведения сортов, устойчивых к климатическим условиям Урала. Исследовались также методы размножения и технологии выращивания, а хозяйствам оказывалась практическая помощь. Основным способом формирования генетического фонда для дальнейшей селекции смородины черной были скрещивания между сортами европейского подвиды. Из более чем 4,8 тысяч полученных гибридных растений были отобраны выдающиеся формы, такие как 'Уралочка', 'Избранница', 'Любава', 'Подруга', 'Свердловчанка', 'Память Урала'. Позднее Г.А. Захаровым и М.П. Константиновой были выведены 'Левитинская' и 'Дружба'. Однако, на тот момент эти сорта лишь по некоторым параметрам превосходили существующие, а по зимостойкости уступали алтайским сортам ('Голубка', 'Стахановка Алтая', 'Выставочная'), появившимся к тому времени. С конца 1970-х годов Г.А. Захаров начал активно использовать в гибридизации сорта из Алтайского края, Красноярска, Дальнего Востока, Ленинградской области, Беларуси, а также представителей скандинавского подвиды смородины черной, включая 'Bred Thorpe', 'Öjebyn', 'Perapohijolyian Musta', 'Ostrom' и другие (Макаренко и др., 2022).

С начала 1980-х годов активно продолжила работу по селекции смородины черной Т.В. Шагина. Она выделила из гибридного фонда Г.А. Захарова такие сорта, как 'Дебют', 'Вольница', 'Старт', 'Аккорд' и 'Уктус'. Для создания новых, высокозимостойких, крупноплодных и устойчивых к болезням сортов, Т.В. Шагина использовала в скрещиваниях как лучшие интродуцированные сорта, так и наиболее адаптированные к местным условиям отборные формы станции. Среди них были 'Буряя Дальневосточная', 'Bred Thorpe' и 'Perapohijolyian Musta'. Полученные гибридные сеянцы демонстрировали высокую адаптивность, хотя и уступали существующим сортам по урожайности и качеству ягод, а также имели низкую устойчивость к почковому клещу. Тем не менее, они стали ценной основой для дальнейших поколений. В последующие годы были привлечены сорта 'Сеянец Голубки', 'Минай Шмырев', 'Диковинка', 'Валовая' и другие, что позволило значительно обогатить гибридное потомство и отбирать формы, сочетающие высокую зимостойкость с другими ценными признаками. Интенсивное использование полученных форм и лучших сортов в многочисленных скрещиваниях (600 комбинаций с 1983 по 2015 год) привело к существенному повышению эффективности селекции. В этот период было изучено 810 отборных сортообразцов, полученных примерно от 80 отечественных и зарубежных сортов и более 40 отборных форм станции (Шагина, 2016). Ею были отобраны и две элитные формы смородины красной 'Тамара' и 'Лена' (от свободного опыления сортов смородины красной из гибридного фонда Г.А. Захарова), которые некоторое время входили в местный сортимент.

За годы работы Т.В. Шагиной в Государственное сортоиспытание передано 23 сорта смородины черной: 'Старт', 'Дебют', 'Аккорд' (1995); 'Глобус', 'Славянка', 'Перезвон', 'Добрый Джинн' (2002); 'Василиса' (2007); 'Атаман', 'Фортуна', 'Воевода', 'Пилот', 'Мушкетер' (2008); 'Викторина', 'Кавалер', 'Старатель', 'Напев Уральский', 'Корнет', 'Азарт', 'Вымпел' (2010); 'Хуторянка', 'Удалец', 'Шаман' (2012) (последние 15 сортов – в соавторстве с Е.М. Чеботок). Из них в Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию (далее Госреестр), на 2015 год включены сорта: 'Аккорд' (2009), 'Глобус', 'Славянка' (2004), 'Добрый Джинн' (2013), 'Василиса' (2008) (Шагина, 2009а; Шагина, 2009б; Шагина, 2009в; Шагина, 2009г; Шагина, 2009д), 'Фортуна' (2015). В тот период на Среднем Урале было развито любительское садоводство, созданные сорта в полной мере отвечали соответствующим требованиям (урожайность, крупноплодность, десертный вкус ягод). Кроме того, за период работы Т.В. Шагиной в опытах по сортоизучению были проведены наблюдения за интродуцированными 469 сортами и 56 селекционными образцами черной, красной, золотистой смородины отечественной и зарубежной селекции

(15 НИУ) (Шагина, 2016). Для выращивания в условиях Среднего Урала в разное время рекомендованы по итогам сортоизучения интродуцированные сорта смородины черной – ‘Голубка’, ‘Выставочная’, ‘Стахановка Алтая’, ‘Сеянец Голубки’, ‘Диковинка’, ‘Пушистая’, ‘Бурая Дальневосточная’, ‘Загадка’, ‘Катюша’, ‘Клуссоновская’, ‘Ленинградский Великан’, ‘Экзотика’, ‘Ажурная’, ‘Ядреная’, ‘Валовая’, №147-1/182, ‘Краса Львова’, ‘Пигмей’; красной и белой – ‘Jonkheer Van Tets’, ‘Ася’, ‘Красная Андрейченко’, ‘Ненаглядная’, ‘Осиповская’, ‘Red Lake’, ‘Коралловая’, ‘Ютербогская’, ‘Уральская Белая’, ‘Уральская Десертная’.

Следующие 10 лет продолжалась работа по совершенствованию сортимента смородины черной. По итогам Государственного испытания происходило включение в Госреестр по Волго-Вятскому региону, новых сортов: ‘Шаман’ (2018) (рисунок 1), ‘Удалец’ (2019) (рисунок 2), ‘Вымпел’ (2020) (рисунок 3), ‘Пилот’ (2021).



Рисунок 1 – Сорт смородины черной ‘Шаман’

Сорт смородины черной ‘Шаман’ [‘Глобус’ × ‘Валовая’]. Сорт высокорослый, урожайность до 160 ц/га. Куст среднерослый, слабораскидистый. Срок цветения и созревания ягод ранне-средний, скороплодный, самоплодность 61,8 %, устойчив к мучнистой росе, листья в слабой степени поражаются септориозом. Ягоды крупные, средней массой 1,5 и максимальной – 4 г, матовые, нежные, с приятным кисло-сладким десертным вкусом.



Рисунок 2 – Сорт смородины черной ‘Удалец’

Сорт смородины черной 'Удалец' ['Славянка' × 'Валовая']. Сорт высокостойкий, урожайность до 140 ц/га. Куст среднерослый, полураскидистый. Среднего срока цветения, созревание ягод ранне-среднее, скороплодный, самоплодностью 63,1%, устойчив к мучнистой росе, листья в слабой степени поражаются септориозом. Ягоды средние и крупные, средней массой 1,4 и максимальной – 4 г, нежные, с приятным кисло-сладким вкусом.



Рисунок 3 – Сорт смородины черной 'Вымпел'

Сорт смородины черной 'Вымпел' [2-1-87 ['Ленинградский великан' × 'Минай Шмырев'] × 'Валовая']. Сорт высокостойкий, урожайность до 180 ц/га. Куст в молодом возрасте компактный, во взрослом – слабораскидистый. Среднего срока цветения и созревания, самоплодность 62,7%, сорт устойчив к мучнистой росе и почковому клещу, повреждается почковой молью. Ягоды средней массой 1,3 г, максимальной – 4 г, чёрные, округлой формы, кожица и мякоть очень нежные. Вкус десертный.

В 2019 году в ГСИ передан сорт 'Доброхот' (в соавторстве), но был снят из-за смены формата государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур в стране. В 2025 году подана заявка о включении запатентованного сорта 'Воевода' на допуск к использованию по Волго-Вятскому региону.

За период с 2016 по 2025 гг. проведена гибридизация в объеме: 99 комбинаций скрещиваний. В гибридизацию привлекались интродуцированные сорта: 'Краса Львова', 'Селеченская', 'Литвиновская', 'Памяти Калининой', 'Алтайская Поздняя', 'Капель', 'Спас', 'Подарок Астахова', 'Елю' и др. и сорта селекции станции: 'Добрый Джинн', 'Вымпел', 'Глобус', 'Шаман', 'Пилот', 'Фортуна', 'Славянка', 'Удалец' и др. Получено 1487 гибридных семян, которые пополнили гибридный фонд смородины черной. За период 2016...2025 гг. было изучено гибридное потомство от гибридизаций, проведенных в предыдущие годы, в количестве 591 сеянца. На гибридном фонде выделено 60 отборных сеянцев. Отборы проводятся по основным хозяйственно ценным признакам: зимостойкость, продуктивность, крупноплодность, устойчивость к основным вредителям и болезням, как и в других регионах (Князев и др., 2015; Юхачева и др., 2021). По результатам изучения из разряда отборных сеянцев 10 переведены в элитные.

Продолжена работа по сохранению и пополнению биоресурсной коллекции смородины черной, красной, белой, золотистой, ведется сортоизучение по общепринятой методике (Князев, Баянова, 1999). На сегодняшний день в коллекции смородины черной имеется 108

сортаобразцов селекции станции, из которых 60 отборных, 37 элитных сеянцев, 11 сортов; а также 87 интродуцированных сортов и форм (в т.ч. 27 зарубежных). Коллекция красной и белой смородины насчитывает 52 интродуцированных сорта, коллекция золотистой смородины насчитывает 12 образцов, также имеется 1 образец йошты. За 10 лет коллекция пополнена на 116 интродуцированных сортаобразцов (70 – черной, 38 – красной, 7 – золотистой смородины, 1 – йошты) из 17 НИУ. Для практического садоводства в условиях Среднего Урала рекомендованы сорта смородины красной 'Йота' и 'Капиталина' (селекции ЮУНИИСК) (Ильин, 2011а).

В связи с увеличением площадей производства ягодной продукции в последние годы на Среднем Урале, возникает необходимость создания современных сортов смородины черной, соответствующих технологическим требованиям (Чеботок, 2024). Для этого, в процессе селекционной работы, при отборе, учитываются у сеянцев сочетание высокой адаптивности к условиям возделывания, основных хозяйственно ценных признаков, а также показателей, влияющих на возможность механизированной уборки урожая (Чеботок, 2020б; Салтыкова и др., 2022; Сироткина, 2021). Пригодность к механизированной уборке определяет соответствие сортов установленным признакам (Якименко, 2001; Шавыркина и др., 2015; Панфилова, 2018; Краюшкина, Егорова, 2018; Даньшина, 2019; Зазулин и др., 2019). В 2023...2025 годах в рамках Государственного задания ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН по теме № 0532-2023-0003 на отборных и элитных формах смородины черной изучены биометрические показатели растений, физико-механические свойства ягод, определяющие пригодность для механизированной уборки урожая и укореняемость при размножении зелеными черенками. Было изучено 55 сортаобразцов. По комплексу признаков выделено 5 образцов (3-5-05-08, 2-11-05-08 (рисунок 4), 1-2-2-14-18, 1-2-6-14-18, 4-1-1-14-18 (рисунок 5)).

С 2024 года начаты лабораторные исследования по четырем компонентам зимостойкости сортов смородины черной с моделированием температур с эффектом оттепели от 0 до -45°C (Ожерельева и др., 2012). Проведено испытание на 10 сортах коллекции смородины черной. Выявлены сорта устойчивые к максимальному количеству компонентов (три) – 'Валовая', 'Вымпел', 'Шаман'.



Рисунок 4 – Элитная форма смородины черной 2-11-05-08



Рисунок 5 – Элитная форма смородины черной 4-1-1-14-18

В 2024...2025 годах в Лаборатории молекулярной генетики плодовых и ягодных культур (на базе Свердловской CCC) на примере коллекции смородины черной изучен генетический полиморфизм исходного и селекционного материала по микросателлитным локусам, получены профили для генетической идентификации 33 сортов. Проведенное исследование показало, что локусы *R. nigrum*, расположенные в различных группах сцепления, а именно *g1-K04*, *g2-J08*, *e4-D03*, *g2-L17*, *e3-B02*, *g1-A01*, *e1-O01* и *g2-G12*, могут быть амплифицированы «в одной пробирке» при относительно высокой температуре отжига праймеров (59°C). Анализ сортообразцов смородины черной (отечественные и европейские, в том числе скандинавские сорта) по 8 локусам позволил дать однозначную интерпретацию 33 генотипов. Интерес представляет масштабирование предложенной методики и оценка идентифицирующей способности метода для разделения сортов на основе разнообразия SSR маркеров (Модоров и др., 2024).

В 2020 году, в рамках договора о научном сотрудничестве, начата совместная работа с Всероссийским институтом генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) по созданию номенклатурных стандартов 10 районированных сортов и 14 элитных форм смородины чёрной (*Ribes nigrum* L.) селекции станции. Для этого был собран растительный материал, загербаризированы и оформлены 24 образца в количестве 40 гербарных листов: 'Аккорд' (WIR-54112), 'Василиса' (WIR-54115), 'Вымпел' (WIR-54118), 'Глобус' (WIR-54119), 'Добрый Джинн' (WIR-54121) (рисунок 6), 'Пилот' (WIR-54127) (рисунок 7), 'Славянка' (WIR-54129), 'Удалец' (WIR-54132), 'Фортуна' (WIR-54133), 'Шаман' (WIR-54134) (Багмет и др., 2021), 'Атаман' (WIR-54113), 'Викторина' (WIR-54116), 'Воевода' (WIR-54117), 'Доброхот' (WIR-54120), 'Корнет' (WIR-54124), 'Мушкетёр' (WIR-54126), 'Напев Уральский' (WIR-54135), 'Старатель' (WIR-54130), 'Валет' (WIR-54114), 'Драгун' (WIR-54122), 'Елисей' (WIR-54123), 'Маугли' (WIR-54125), 'Рада' (WIR-54129), 'Тарзан' (WIR-54131) (Багмет и др., 2022).

Номенклатурные стандарты зарегистрированы в БД «Гербарий ВИР» и переданы на хранение в типовую фонд Гербария культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (WIR). В 2024 году подготовлен и отправлен растительный материал 14 сортов из коллекции красной и белой смородины.



Рисунок 6 – Номенклатурный стандарт сорта смородины черной 'Добрый Джинн'

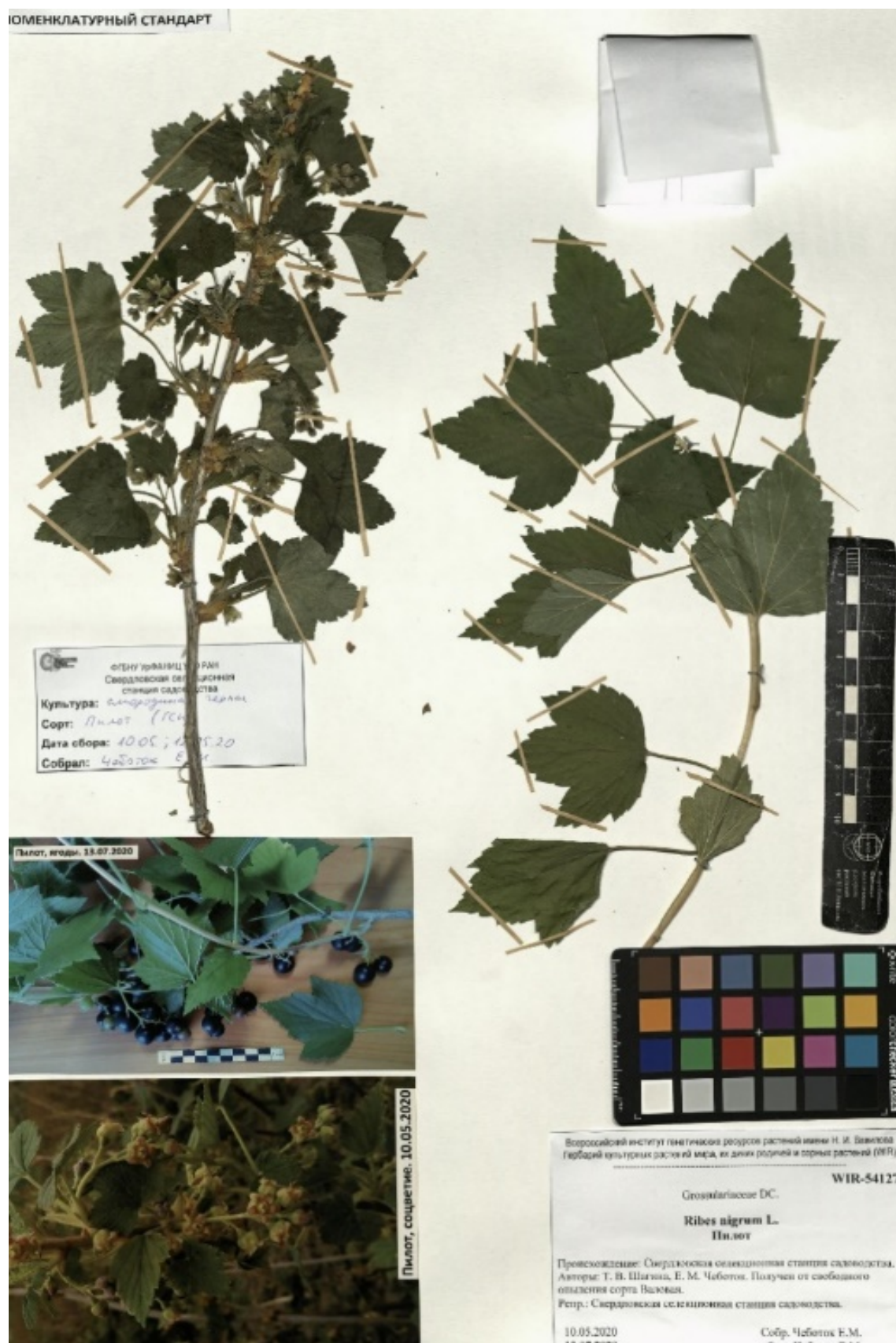


Рисунок 7 – Номенклатурный стандарт сорта смородины черной 'Пилот'

В 2024 и 2025 годах проводятся исследования в ВИР на 5 сортах смородины черной по жизнеспособности пыльцы исходной и после криоконсервации, собранной с растений одного сорта, произрастающих в разных эколого-географических зонах (г. Санкт-Петербург и г. Екатеринбург).

С 2021 по 2023 годы, в рамках договора о научном сотрудничестве, в ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет» проведены исследования ягод смородины на содержание антиоксидантов и биохимических показателей. Исследовано 23 сорта черной (селекции различных НИУ, в т.ч. станции) и 10 – красной смородины (селекции ЮУНИИСК) (Ильин, 2011б; Ильин, 2016). По высокому содержанию антиоксидантного комплекса выделились сорта смородины черной – ‘Глобус’, ‘Шаман’, ‘Подарок Астахова’, красной – ‘Лучезарная’, ‘Ильинка’, ‘Эпсилон’ (Мартынов, Вяткин, 2023; Чугунова и др., 2024).

Заключение

Таким образом, на протяжении 90 лет на Свердловской селекционной станции садоводства ведется непрерывное формирование биоресурсной коллекции смородины, совершенствование адаптивного сортимента для Среднего Урала, выделение источников основных хозяйственно полезных признаков для дальнейшей научной работы.

Сотрудничество с отечественными и зарубежными научными учреждениями будет способствовать увеличению эффективности научных исследований по культуре.

Следующий этап селекционной работы по смородине будет проходить с внедрением молекулярно-генетических, биотехнологических методов и цифровых технологий.

Благодарности

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Финансирование

Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания «Адаптивная селекция ягодных культур пригодных для интенсивных технологий возделывания» (№ 0532-2023-0003), с использованием уникальной научной установки «Генофонд плодовых, ягодных и декоративных культур на Среднем Урале».

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Астахов А.И. Смородина черная – состояние и перспективы селекции // Современное состояние культуры смородины и крыжовника. Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 2007. 21-31. <https://elibrary.ru/wbxmpb>
2. Багмет Л.В., Чеботок Е.М., Шлявас А.В. Номенклатурные стандарты сортов чёрной смородины селекции Свердловской селекционной станции садоводства. Часть I // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. 22, 6. 873-886. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.873-886>
3. Багмет Л.В., Чеботок Е.М., Шлявас А.В. Номенклатурные стандарты сортов чёрной смородины селекции Свердловской селекционной станции садоводства. Часть II // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. 23, 1. 69-80. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.69-80>
4. Богданова И.И., Нащекина А.С., Демин Н.С. Итоги деятельности Свердловской селекционной станции садоводства за 80 лет и перспективы развития // Состояние и

- перспективы развития северного садоводства: сборник научных трудов. Екатеринбург: ФГБНУ Свердловская ССС ВСТИСП, 2016. 4-57. <https://www.elibrary.ru/whltmd>
5. Богданова И.И., Невоструева Е.Ю. Свердловская селекционная станция садоводства. Екатеринбург, 2015. 16. <https://www.elibrary.ru/xtlqgd>
 6. Голяева О.Д., Панфилова О.В. Адаптивные сорта красной смородины селекции ВНИИСПК // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. 38, 1. 96-100. <https://www.elibrary.ru/rqrcod>
 7. Даньшина О.В. Селекционная оценка сортов и форм чёрной смородины по ширине основания в связи с механизированной уборкой урожая // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы конференции. Кокино: Брянский ГАУ, 2019. 599-603. <https://www.elibrary.ru/ajkgfk>
 8. Зазулин А.Г., Фролова Л.В., Платонова А.Р. Оценка сортов смородины черной в качестве исходного материала для селекции // Плодоводство. 2019. 31. 126-133. <https://www.elibrary.ru/nfcikp>
 9. Ильин В.С. Результаты селекции смородины красной на Южном Урале // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2016. 3. 107-113. <https://www.elibrary.ru/wrivkl>
 10. Ильин В.С. Результаты сорокалетних исследований по смородине и крыжовнику // Достижения науки и техники АПК. 2011а. 5. 46-49. <https://www.elibrary.ru/nunbnt>
 11. Ильин В.С. Селекция смородины красной на Южном Урале // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2011б. 4. 34-36. <https://elibrary.ru/nxbqub>
 12. Князев С.Д., Баянова Л.В. Смородина, крыжовник и их гибриды // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 351-373. <https://elibrary.ru/yhappx>
 13. Князев С.Д., Голяева О.Д., Курашев О.В., Панфилова О.В., Шавыркина М.А. Селекция смородины и крыжовника на устойчивость к американской мучнистой росе // Плодоводство и ягодоводство России. 2015. 41. 163-166. <https://elibrary.ru/twfggv>
 14. Краюшкина Н.С., Егорова К.И. Формирование сортимента смородины черной для регионально адаптивной машинной технологии производства ягод // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. 3. 145-155. <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2018-100568>
 15. Макаренко С. А., Савин Е. З., Ильин В. С., Котов Л. А., Слепнева Т. Н., Чеботок Е. М., Тарасова Г. Н., Невоструева Е. Ю., Евтушенко Н. С., Фазлиахметов Х. Н., Мережко О. Е., Гасымов Ф. М. Исакова М. Г., Тележинский Д. Д., Лёзин М. С., Нигматзянов Р. А., Старцева Н. Ю., Тихонова М. А., Богданова И. И., Иванова Е. А. Помология Урала: сорта плодовых, ягодных культур и винограда. М.: Наука, 2022. 278. <https://elibrary.ru/eqlqgu>
 16. Мартынов В.М., Вяткин А.В. Исследование содержания общих и редуцирующих сахаров в ягодах красной смородины районированных сортов Свердловской области // Наука молодых – будущее России: материалы конференции. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. 419-422. <https://elibrary.ru/clxxii>
 17. Модоров М.В., Киселева О.А., Полежаева М.А., Чеботок Е.М. Разработка мультиплексного набора микросателлитных маркеров для генетической идентификации черной смородины (*Ribes nigrum* L.) // Биотехнология и селекция растений. 2024. 4. 68-81. <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2024-4-06>
 18. Невоструева Е.Ю. Изучение отборных форм малины в засушливых условиях периода вегетации на Среднем Урале // Актуальные вопросы садоводства и картофелеводства: материалы конференции. Челябинск: Челябинский ГУ. 2024, 234-240. <https://elibrary.ru/vphajl>

19. Ожерельева З.Е., Панфилова О.В., Голяева О.Д. Изучение зимостойкости смородины красной методом искусственного промораживания // Плодоводство и ягодоводство России. 2012. 34, 2. 82-88. <https://elibrary.ru/paeqez>
20. Панфилова О.В. О технологии возделывания ягодных культур, пригодных для механизированной уборки // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2018. 5. 85-90. <https://elibrary.ru/yleral>
21. Сазонов Ф.Ф. Селекция смородины черной в условиях юго-западной части Нечерноземной зоны России. М.: ВСТИСП, 2018. 304. <https://elibrary.ru/vjmdck>
22. Салтыкова Т.И., Вахрушева Н.С., Софронов А.П. Предварительная оценка сортов смородины черной на пригодность к механизированной уборке в условиях Северо-Востока Европейской части России // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: материалы конференции Киров: ФГБНУ 'ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого', 2022. С. 90-93. <https://elibrary.ru/pcjcjt>
23. Сироткина Е.Н. Влияние абиотических факторов на сроки созревания сортов черной смородины в условиях Орловской области // Научный журнал молодых ученых. 2021. 2. 38-44. <https://elibrary.ru/pagrsf>
24. Сорокопудов В.Н., Назарюк Н.И., Нигматзянов Р.А., Сорокопудова О.А. Итоги селекции смородины красной в лесостепи Приобья // Вестник КрасГАУ. 2021. 11. 85-92. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-11-85-92>
25. Хроменко В.В., Воробьев В.Ф. Технологические затраты и экономическая эффективность выращивания ягодных культур // Садоводство и виноградарство. 2013. 2. 44-48. <https://elibrary.ru/pyrntl>
26. Чеботок Е.М. Итоги сортоизучения коллекции смородины черной на Среднем Урале // Плодоводство и ягодоводство России. 2020а. 60, 1. 136-143. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2020-60-136-143>
27. Чеботок Е.М. Пополнение сортимента черной смородины для Волго-Вятского региона // Современное садоводство. 2020б. 1. 10-15. <https://elibrary.ru/fnxxiv>
28. Чеботок Е.М. Комплексная оценка элитных форм черной смородины уральской на пригодность к механизированной уборке урожая // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024. 25, 4. 616-622. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.616-622>
29. Чугунова О.В., Вяткин А.В., Тиунов В.М., Чеботок Е.М., Арисов А.В. Исследование антиоксидантного комплекса интродуцированных сортов черной смородины Свердловской области // Ползуновский вестник. 2024. 2. 12-18. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.002>
30. Шавыркина М.А., Товарницкая М.В., Князев С.Д. Оценка сортов черной смородины селекции ВНИИСПК на пригодность к механизированной уборке урожая // Современное садоводство. 2015. 4. 22-25. <https://elibrary.ru/sywclg>
31. Шагина Т.В. Василиса // Помология. Том 4. Смородина. Крыжовник. Орел: ВНИИСПК, 2009а. 64-65. <https://elibrary.ru/yowymd>
32. Шагина Т.В. Глобус // Помология. Том 4. Смородина. Крыжовник. Орел: ВНИИСПК, 2009б. 86-87. <https://elibrary.ru/yowyqt>
33. Шагина Т.В. Добрый Джинн // Помология. Том 4. Смородина. Крыжовник. Орел: ВНИИСПК, 2009в. 101-102. <https://elibrary.ru/yowtjv>
34. Шагина Т.В. Перезвон (Романтика) // Помология. Том 4. Смородина. Крыжовник. Орел: ВНИИСПК, 2009г. 196-197. <https://elibrary.ru/yowzjp>
35. Шагина Т.В. Славянка // Помология. Том 4. Смородина. Крыжовник. Орел: ВНИИСПК, 2009д. 241-242. <https://elibrary.ru/yowzqd>

36. Шагина Т.В. Изучение перспективных сеянцев смородины черной селекции Свердловской селекционной станции садоводства // Научное обеспечение адаптивного садоводства Уральского региона: материалы конференции. Екатеринбург: ГНУ Свердловская ССС ВСТИСП Россельхозакадемии, 2010. 132-138. <https://elibrary.ru/whltdh>
37. Шагина Т.В. Итоги селекции черной смородины // Перспективы северного садоводства на современном этапе: материалы конференции. Екатеринбург: ГУ СССС, 2005. 166-171. <https://elibrary.ru/ovpdqf>
38. Шагина Т.В. Сорокалетний служебный роман со смородиной // Состояние и перспективы развития северного садоводства. Екатеринбург: Свердловская ССС, 2016. 146-158. <https://elibrary.ru/whltvt>
39. Юхачева Е.Я., Акуленко Е.Г., Каньшина М.В. Селекционная оценка гибридных семей смородины черной на устойчивость к мучнистой росе, антракнозу и почковому клещу // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2021. 8, 1-2. 77-80. <https://elibrary.ru/tnpxhj>
40. Якименко О.Ф. Производство ягод черной смородины на индустриальной основе // Садоводство и виноградарство. 2001. 3. 21-24.

References

1. Astakhov, A.I. (2007). Black currant – state and prospects of selection. In *Current state of currant and gooseberry culture* (pp. 21-31). VNIIS. <https://elibrary.ru/wbxmpb>. (In Russian).
2. Bagmet, L.V., Chebotok, E.M., & Shlyavas, A.V. (2021). Nomenclatural standards of black currant cultivars bred by Sverdlovsk Horticultural Breeding Station. Part I. *Agricultural Science Euro-North-East*. 22, 6. 873-886. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.873-886>. (In Russian, English abstract).
3. Bagmet, L.V., Chebotok, E.M., & Shlyavas, A.V. (2022). Nomenclatural standards of black currant cultivars bred by Sverdlovsk Horticultural Breeding Station. Part II. *Agricultural Science Euro-North-East*. 23, 1. 69-80. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.69-80>. (In Russian, English abstract).
4. Bogdanova, I.I., Nashchekina, A.S., & Demin, N.S. (2016). Results of the Sverdlovsk Horticultural Breeding Station for 80 years and development prospects. In *The State and Prospects of Northern Horticulture Development* (pp 4-57). FGBNU Sverdlovsk SSS VSTISP. <https://www.elibrary.ru/whltmd>. (In Russian).
5. Bogdanova, I.I., & Nevostrueva, E.Yu. (2015). *Sverdlovsk Horticultural Breeding Station*. Sverdlovsk SSS VSTISP. <https://www.elibrary.ru/xtlqgd>. (In Russian).
6. Golyaeva, O.D., & Panfilova, O.V. (2014). Adaptive red currant varieties bred by VNIISPK. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 38(1). 96-100. <https://www.elibrary.ru/rqrcod>. (In Russian, English abstract).
7. Danshina, O.V. (2019). Breeding and evaluation of varieties and forms of black currant across the width of the foundation in connection with mechanized harvesting. In *Agroecological aspects of sustainable development of the agro-industrial complex: conference proceedings* (pp 599-603). Bryansk SAU. <https://www.elibrary.ru/ajkgfk>. (In Russian).
8. Zazulin, A.G., Frolova, L.V., & Platonova, A.R. (2019). Assessment of black currant varieties as the parent material for breeding. *Fruit Growing*. 31. 126-133. <https://www.elibrary.ru/nfcikp>. (In Russian, English abstract).
9. Ilyin, V.S. (2016). Results of red currant selection in the South Urals. *Vestnik Bashkir State Agrarian University*. 3. 107-113. <https://www.elibrary.ru/wrivkl>. (In Russian, English abstract).
10. Ilyin, V.S. (2011a). Results of forty-years research work of currant and gooseberry breeding. *Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex*. 5. 46-49. <https://www.elibrary.ru/nunbnt>. (In Russian, English abstract).

11. Ilyin, V.S. (20116). Breeding of red currants in the Southern Urals // *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 4. 34-36. (In Russian, English abstract).
12. Knyazev, S.D., & Bayanova, L.V. (1999). Currants, gooseberries and their hybrids. In E.N. Sedov, T.P. Ogoltsova (Eds.). *Program and Methods for Variety Study of Fruit, Berry and Nut Crops* (pp 351-373). VNIISP. <https://elibrary.ru/yhappx>. (In Russian).
13. Knyazev, S.D., Golyaeva, O.D., Kurashev, O.V., Panfilova, O.V., & Shavyrkina, M.A. (2015). Currant and gooseberry breeding for resistance to powdery mildew. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 41. 163-166. <https://elibrary.ru/twfggv>. (In Russian, English abstract).
14. Krayushkina, N.S., & Egorova, K.I. (2018). Creation of black currant varieties range for regionally adaptive machine-based technology of berry production. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva*. 3. 145-155. <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2018-100568>. (In Russian, English abstract).
15. Makarenko, S.A., Savin, E.Z., Ilyin, V.S., Kotov, L.A., Slepneva, T.N., Chebotok, E.M., Tarasova, G.N., Nevostrueva, E.Yu., Yevtushenko, N.S., Fazliakhmetov, H.N., Merezhko, O.E., Gasymov, F.M. Isakova, M.G., Telozhinsky, D.D., Lezin, M.S., Nigmatzyanov, R.A., Startseva, N.Yu., Tikhonova, M.A., Bogdanova, I.I., & Ivanova, E.A. (2022). *Pomology of the Urals: Varieties of Fruit, Berry Crops and Grapes*. Nauka. <https://elibrary.ru/eqlqgu>. (In Russian).
16. Martynov, V.M., & Vyatkin, A.V. (2023). Study of the content of total and reducing sugars in red currant berries of zoned varieties of the Sverdlovsk region // In *Science of the Young – the Future of Russia: conference proceedings* (pp 419-422). Universitetskaya kniga. <https://elibrary.ru/clxxii>. (In Russian).
17. Modorov, M.V., Kiseleva, O.A., Polezhaeva, M.A., & Chebotok, E.M. (2024). Development of multiplex microsatellite markers set for black currant (*Ribes nigrum* L.) genetic identification. *Biotechnology and Plant Breeding*. 4. 68-81. <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2024-4-o6>. (In Russian, English abstract).
18. Nevostrueva, E.Yu. (2024). Study of selected forms of raspberries in arid conditions of the growing season in the Middle Urals. In *Topical Issues of Horticulture and Potato Growing: conference proceedings* (pp 234-240). Chelyabinsk State University. <https://elibrary.ru/vphajl>. (In Russian, English abstract).
19. Ozherelieva, Z.E., Panfilova, O.V., & Golyaeva, O.D. (2012). Study of winter hardiness of red currants by artificial freezing. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 34, 2. 82-88. <https://elibrary.ru/paeqez>. (In Russian, English abstract).
20. Panfilova, O.V. (2018). On cultivation technology of berry crops suitable for mechanized harvesting. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 5. 85-90. <https://elibrary.ru/paeqez>. (In Russian, English abstract).
21. Sazonov, F.F. (2018). *Breeding of Black Currant in the Southwestern Part of the Non-Chernozem Zone of Russia*. ARHCBAN. <https://elibrary.ru/vjmdek>. (In Russian).
22. Saltykova, T.I., Vakhrusheva, N.S., & Sofronov, A.P. (2022). The preliminary assessment of black currant varieties on acceptability for mechanical harvesting in conditions of the North-East of european part of Russia. In *Methods and technologies in plant breeding and crop production: conference proceedings* (pp 90-93). FARC North-East. <https://elibrary.ru/pcjcjt>. (In Russian, English abstract).
23. Sirotkina, E.N. (2021). Influence of abiotic factors on the ripening time of black currant varieties in the Oryol region. *Scientific Journal of Young Scientists*. 2. 38-44. <https://elibrary.ru/pagrsf>. (In Russian, English abstract).
24. Sorokopudov, V.N., Nazaryuk, N.I., Nigmatzyanov, R.A., & Sorokopudova, O.A. (2021). The red currant breeding results in the Ob region forest-steppe. *Bulletin of KSAU*. 11. 85-92. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-11-85-92>. (In Russian, English abstract).

25. Khromenko, V.V., & Vorobyov, V.F. (2013). Technological costs and economic efficiency of growing berry crops // *Horticulture and Viticulture*. 2. 44-48. <https://elibrary.ru/pyrntl>. (In Russian).
26. Chebotok, E.M. (2020a). Results of variety study of black currant collection in the Middle Urals. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 60(1). 136-143. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2020-60-136-143>. (In Russian, English abstract).
27. Chebotok, E.M. (2020b). Replenishment of the assortment of black currants for the Volga-Vyatka region. *Contemporary Horticulture*. 1. 10-15. <https://elibrary.ru/fnxxiv>. (In Russian, English abstract).
28. Chebotok, E.M. (2024). Comprehensive assessment of elite forms of black currant of the Ural selection for suitability to mechanized harvesting. *Agricultural Science Euro-North-East*. 25(4). 616-622. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.616-622>. (In Russian, English abstract).
29. Chugunova, O.V., Vyatkin, A.V., Tiunov, V.M., Chebotok, E.M., & Arisov, A.V. (2024). Research of the antioxidant complex of blackcurrant varieties under the conditions of the Sverdlovsk region. *Polzunovskiy Vestnik*. 2. 12-18. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.002>. (In Russian, English abstract).
30. Shavyrkina, M.A., Tovarnitskaya, M.V., & Knyazev, S.D. (2015). Evaluation of black currant varieties of VNIISPK breeding for suitability for mechanical harvesting. *Contemporary Horticulture*. 4. 22-25. <https://elibrary.ru/sywcig>. (In Russian, English abstract).
31. Shagina, T.V. (2009a). Vasilisa. In *Pomology: Currants. Gooseberries* (Vol. 4, pp 64-65). VNIISPK. <https://elibrary.ru/yowymd>. (In Russian).
32. Shagina, T.V. (2009b). Globus. In *Pomology: Currants. Gooseberries* (Vol. 4, pp 86-87). VNIISPK. <https://elibrary.ru/yowyqt>. (In Russian).
33. Shagina, T.V. (2009c). Dobryy Dzhinn. In *Pomology: Currants. Gooseberries* (Vol. 4, pp 101-102). VNIISPK. <https://elibrary.ru/yowtjv>. (In Russian).
34. Shagina, T.V. (2009d). Perezvon (Romantika). In *Pomology: Currants. Gooseberries* (Vol. 4, pp 196-197). VNIISPK. <https://elibrary.ru/yowzjp>. (In Russian).
35. Shagina, T.V. (2009e). Slavyanka. In *Pomology: Currants. Gooseberries* (Vol. 4, pp 241-242). VNIISPK. <https://elibrary.ru/yowzqd>. (In Russian).
36. Shagina, T.V. (2010). Study of promising black currant seedlings bred by the Sverdlovsk horticultural breeding station. In *Scientific Support for Adaptive Horticulture in the Ural Region: conference proceedings* (pp 132-138). Sverdlovsk SSS. <https://elibrary.ru/whltdh>. (In Russian).
37. Shagina, T.V. (2005). Results of black currant breeding. In *Prospects for Northern Horticulture at the Present Stage: conference proceedings* (pp 166-171). Sverdlovsk SSS. <https://elibrary.ru/ovpdqf>. (In Russian).
38. Shagina, T.V. (2016). Forty-year office romance with currants. In *The State and Prospects for the Development of Northern Horticulture* (pp 146-158). Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture. <https://elibrary.ru/whltvt>. (In Russian).
39. Ykhacheva, E.Ya., Akulenko, E.G., & Kanchina, M.V. (2021). Breeding evaluation of black currants hybrids for resistance to the powdery mildew, anthracnose and currant bud mite. *Breeding and Variety Cultivation of Fruit and Berry Crops*. 8(1-2). 77-80. <https://elibrary.ru/tnpxhj>. (In Russian, English abstract).
40. Yakimenko, O.F. (2001). Production of black currant berries on an industrial basis. *Horticulture and Viticulture*. 3. 21-24. (In Russian).

Автор:

Елена Михайловна Чеботок, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», sadovodnauka@mail.ru
ORCID 0000-0001-5942-6178
SPIN: 3868-4846

Author:

Elena M. Chebotok, Candidate in Agricultural Sciences, Senior researcher in Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science, sadovodnauka@mail.ru
ORCID 0000-0001-5942-6178
SPIN: 3868-4846

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 634.75:577.214. 32

Скрининг сортов земляники садовой селекции Свердловской селекционной станции садоводства на наличие локуса резистентности *08 To-f*

А.В. Худякова¹, М.Г. Маркова¹ , Е.Ю. Невоструева²

¹ФГБНУ «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», 426067, ул. Т. Барамзиной, 34, г. Ижевск, Российская Федерация, udnc@udman.ru

²Свердловская селекционная станция садоводства – структурное подразделение ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», 620142, ул. Белинского, 112а, г. Екатеринбург, Российская Федерация, info@urfanic.ru

Аннотация

Выведение сортов земляники с генетическими детерминантами устойчивости к грибным патогенам является приоритетным направлением в современной селекции. Целью данного исследования являлось выявление локуса резистентности у 11 сортообразцов земляники садовой селекции Свердловской селекционной станции садоводства к мучнистой росе (*08 To-f*) с использованием ДНК-маркеров. Для выявления локуса устойчивости использовали сцепленный с ним доминантный диагностический ДНК-маркер IB535110, контроль протекания ПЦР проводили с использованием маркера EMFv020. В качестве положительного контроля, обладающего QTL *08 To-f*, использовали сорт Malwina. В результате молекулярно-генетического скрининга QTL *08 To-f* выявлен у двух сортообразцов коллекции – сорта Дуэт и элитной формы Италмас, которые будут использованы нами в селекционной программе получения устойчивых к мучнистой росе сортов земляники садовой.

Ключевые слова: *Fragaria* × *ananassa*, мучнистая роса, устойчивость, ДНК-маркеры, полимеразная цепная реакция

Screening of strawberry cultivars bred by Sverdlovsk Horticultural Breeding Station for the presence of *08 To-f* loci of resistance

А.В. Khudyakova¹, М.Г. Markova¹ , Е.Ю. Nevosttrueva²

¹Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 426067, T. Baramzina str., 34, Izhevsk, Russian Federation, udnc@udman.ru

²Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science, Belinskogo Street, 112a, Ekaterinburg, Russia, 620142, info@urfanic.ru

Abstract

The development of strawberry cultivars with genetic determinants of resistance to fungal pathogens is a priority in modern breeding. The aim of the research was to identify the *08 To-f* locus of resistance to powdery mildew in 11 strawberry cultivars of the Sverdlovsk Horticultural Breeding Station using DNA-markers. To identify the resistance locus, the dominant diagnostic DNA marker IB535110 was used, and the PCR process was controlled using the marker EMFv020. 'Malwina' was used as a positive control with QTL *08 To-f*. As a result of molecular genetic screening, QTL *08 To-f* was identified in two cultivars of the collection: 'Duet' and 'Italmas', these cultivars will be used in our breeding program to obtain powdery mildew-resistant cultivars.

Key words: *Fragaria* × *ananassa*, powdery mildew, resistance, DNA-markers, polymerase chain reaction

Введение

Земляника садовая (*Fragaria × ananassa* Duch.) одна из популярных ягодных культур, широко возделываемая в Среднем Предуралье. Ценными качествами данной культуры являются скороспелость, ранний срок созревания, лечебные и диетические свойства её ягод (Марченко, 2021; Макаренко и др., 2022). Но к одним из негативных относится её поражаемость болезнями, приводящими или к гибели растения, или к значимому снижению урожайности и рентабельности возделывания культуры. Одна из распространённых болезней земляники – мучнистая роса, возбудителем которой является гриб *Sphaerotheca macularis* Mag., поражающий ткани практически всех наземных органов данного растения. В результате заражения снижается интенсивность фотосинтеза и усвоение углекислого газа, деформируются и прекращают рост ягоды. Эпифитотия мучнистой росы может привести к потере от 20% до 70% урожая ежегодно (Лыжин, Лукьянчук, 2024с; Lynn et al., 2024). Большинство промышленных сортов неустойчивы к данному заболеванию и требуется использование защитных мероприятий в виде неоднократных опрыскиваний насаждений фунгицидами, что увеличивает нагрузку на экологическую обстановку регионов возделывания (Duan et al., 2022). Поэтому выведение устойчивых сортов земляники является приоритетным направлением в современной селекции (Рахмангулов и др., 2022; Храбров и др., 2019; Keldibekova et al., 2024). В последнее время в связи с развитием генетики всё большее применение в селекционной работе находят методы маркер-ориентированной селекции (Marker assisted selection, MAS). Использование ДНК-маркеров позволяет сократить срок создания нового сорта, сэкономить трудовые, финансовые и энергетических ресурсы (Дейнеко, 2024; Куликов и др., 2021; Лыжин, Лукьянчук, 2024б).

Для выявления генетически обусловленной устойчивости к мучнистой росе на землянике садовой используется молекулярно-генетический анализ, проводимый по локусу *08 To-f*, с разработанными для него двумя диагностическими ДНК-маркерами: IB535110 и IB533828 (Лыжин, Лукьянчук, 2024а; Лыжин, Лукьянчук, 2024с; Храбров и др., 2019).

Цель исследования – скрининг сортов земляники садовой селекции Свердловской селекционной станции садоводства с использованием ДНК-маркера, сцепленного с локусом резистентности к мучнистой росе *08 To-f*.

Научная новизна – изучено распространение QTL *08 To-f* среди сортов свердловской селекции, представленных в коллекции земляники садовой Отдела интродукции и акклиматизации растений УдмФИЦ УрО РАН. Сорта с генетическими детерминантами устойчивости могут вовлекаться в селекционный процесс для выведения новых сортов *Fragaria × ananassa* Duch.

Материалы и методы

В 2024 году создана генетическая коллекция земляники садовой на базе Отдела интродукции и акклиматизации растений УдмФИЦ УРО РАН.

Объектами исследования были 11 сортообразцов земляники садовой свердловской селекции (таблица 1).

Регионы допуска – Северо-Западный (2), Центральный (3), Волго-Вятский (4), Уральский (9), Западно-Сибирский (10), Восточно-Сибирский (11), Дальневосточный (12).

Тотальную ДНК выделяли с использованием набора «МагноПрайм® ФИТО» согласно инструкции производителя (ООО «НекстБио», Москва) из молодых листовых пластинок земляники.

Выявление QTL *08 To-f* проводили с использованием доминантного ДНК-маркера IB535110, контроль протекания ПЦР – маркера EMFv020 (таблица 2). Праймеры были синтезированы ЗАО «Синтол» (Москва).

Таблица 1 – Анализируемые сорта земляники садовой

Сорт	Статус сортотипа	Исходные формы	Регион допуска
Акварель	Госреестр	Арника × Горноуктусская	4
Алтын	Госреестр	Соловушка × Marmolada	
Бова	элитная форма	Арника × Торпеда	
Виола	Госреестр	Zefyr × Фестивальная	4
Даренка	Госреестр	Фестивальная × Русановка	3, 4, 10, 11
Дуэт	Госреестр	Талка × Ostara	4, 10
Италмас	элитная форма	Фестивальная × Stoplight	
Орлец	Госреестр	Заря × Stoplight	2, 4, 9, 10, 12
Торпеда	Госреестр	Фестивальная × Robinson	4, 11
Форсаж	Госреестр	Соловушка × Totem	4
Ярославна	элитная форма	Дуэт × Десна	

Таблица 2 – Характеристика ДНК-маркеров, используемых для скрининга коллекции

Признак	Локус	Маркер	Последовательность праймеров 5'→3'	Продукт, пн
Устойчивость к мучнистой росе	08 To-f	IB535110	F acacatatatgaatcggagcca R gctcaagatgctcaatcgaa	около 500
Контроль ПЦР	–	EMFv020	F caggcgccaacggcgtgctctgt R cagcgccgcccagctcatccctagg	154

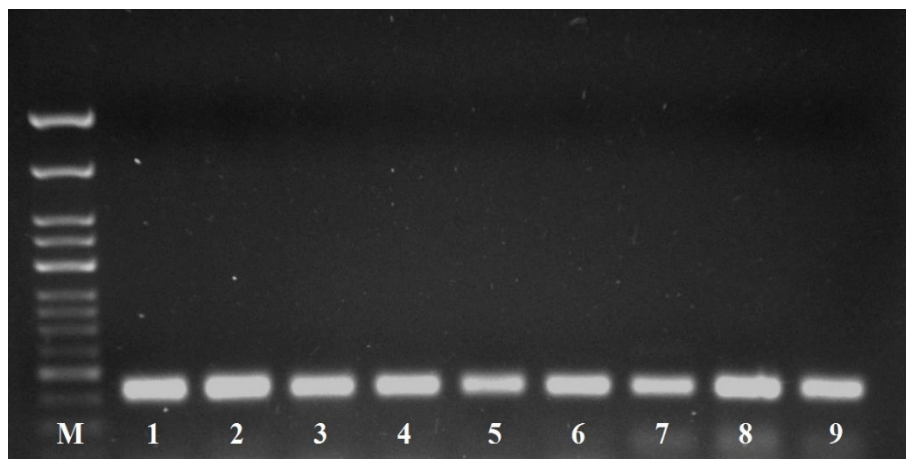
Полимеразную цепную реакцию проводили с использованием готовой 2,5х реакционной смеси (ЗАО «Синтол», Москва) в общем объеме 25 мкл на амплификаторе Trident 960 (HealForce, Китай) по описанным авторами программ (Haddonou et al., 2004; Koishihara et al., 2020). Для маркера IB535110 начальная денатурация составляла 94°C – 1 мин, затем 35 циклов: 94°C – 30 с, 60°C – 45 с, 72°C – 1 мин; финальная элонгация: 72°C – 5 мин. Для маркера EMFv020 начальная денатурация составляла 95°C – 3 мин, затем 35 циклов: 95°C – 50 с, 64°C – 50 с, 72°C – 1 мин, финальная элонгация: 72°C – 5 мин.

Продукты ПЦР анализировали методом электрофореза в 1,7% агарозном геле в трис-боратном буфере с последующим окрашиванием бромидом этидия. Результаты документировали с помощью системы визуализации гелей MaXidocG2 (DAIHANScientific, Китай). Для оценки молекулярной массы фрагментов использовали ДНК-маркер Step50 plus (ООО «Биолабмикс», Новосибирск).

Результаты и их обсуждение

Для определения пригодности экстрагированной ДНК для ПЦР диагностики проводили амплификацию с маркером EMFv020, при использовании которого у представителей *Fragaria L.* должны амплифицироваться фрагменты ДНК размером 154 п.н. (Haddonou et al., 2004). Среди 11 изучаемых генотипов фрагменты соответствующего размера были получены для всех образцов (рисунок 1).

Для выявления локуса устойчивости сортотипов земляники садовой к мучнистой росе проводили амплификацию с маркером IB535110.



М – маркер молекулярного веса, 1 – Акварель, 2 – Алтын, 3 – Бова, 4 – Виола, 5 – Даренка, 6 – Дуэт, 7 – Италмас, 8 – Орлец, 9 – Торпеда

Рисунок 1 – Электрофоретический профиль образцов ДНК с маркером EMFv020

В качестве положительного контроля, обладающего QTL 08 *To-f*, использовали сорт Malwina. Искомый фрагмент среди анализируемых генотипов выявлен у сорта Дуэт и элитной формы Италмас, что составило 18,2% от изучаемых форм (рисунок 2).



М – маркер молекулярного веса, 1 – Malwina, 2 – Акварель, 3 – Алтын, 4 – Бова, 5 – Виола, 6 – Даренка, 7 – Дуэт, 8 – Италмас, 9 – Торпеда

Рисунок 2 – Электрофоретический профиль маркера IB535110 генотипов земляники садовой

Авторы Лыжин А.С. и Лукьянчук И.В. в своих работах отмечали похожую частоту встречаемости маркера IB535110 в изучаемых выборках – 19,1% и 23,2% (Лыжин, Лукьянчук, 2024а; Лыжин, Лукьянчук, 2024б). Сорт Торпеда, по их данным, также характеризовался отсутствием соответствующего ДНК-маркера (Лыжин, Лукьянчук, 2024с).

Сорт Дуэт раннего срока созревания, получен от скрещивания сортов Талка и Ostara. Отличается высокими зимостойкостью и урожайностью (193 г/куст), обладает повышенными товарными и потребительскими качествами ягод, слабо поражается пятнистостями листьев (Невоструева, Багмет, 2024).

Выделенная элитная форма Италмас от скрещивания сортов Фестивальная и Stoplight имеет хорошую зимостойкость, высокую урожайность (343 г/куст), транспортабельность ягод, слабо поражается пятнистостями листьев (Макаренко и др., 2022).

Выводы

Проведён молекулярно-генетический скрининг 11 сортов земляники садовой свердловской селекции, имеющих в коллекции земляники Отдела интродукции и акклиматизации растений УдмФИЦ УрО РАН, на наличие локусов резистентности к мучнистой росе. Среди изучаемых сортов QTL *08 To-f* выявлен у сорта Дуэт и элитной формы Италмас. Данные сортообразцы могут быть использованы в селекционной работе в качестве источника устойчивости к мучнистой росе.

Финансирование

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственных заданий «Разработка научных основ культивирования плодово-ягодных и декоративных культур с применением биотехнологических и молекулярно-генетических методов для обеспечения потребностей Среднего Предуралья в качественном посадочном материале» (FUUE-2024-0012) и «Создание конкурентоспособных, высокоурожайных сортов зерновых, зернобобовых, кормовых, плодово-ягодных культур и картофеля мирового уровня на основе перспективных генетических ресурсов, устойчивых к био- и абиотическим факторам» (0532-2021-0008).

Funding

The research was carried out under the support of the Ministry of Science of the Russian Federation within the state assignment of the «Development of scientific foundations for the cultivation of fruit and berry and ornamental crops using biotechnological and molecular genetic methods to meet the needs of the Middle Urals in high-quality planting material» (FUUE-2024-0012) and «Creation of competitive, high-yielding varieties of grain, legume, fodder, fruit and berry crops, and world-class potatoes based on promising genetic resources that are resistant to bio- and abiotic factors» (0532-2021-0008).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the author stated that there was no conflict of interest.

Литература

1. Дейнеко Е.В. Модификация генома растений методами генетической инженерии: направления и пути развития // Физиология растений. 2024. 71, 5. 487-501. <https://doi.org/10.31857/S0015330324050017>
2. Куликов И.М., Евдокименко С.Н., Тумаева Т.А., Келина А.В., Сазонов Ф.Ф., Андропова Н.В., Подгаецкий М.А. Научное обеспечение ягодоводства России и перспективы его развития // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. 25, 4. 414-419. <https://doi.org/10.18699/VJ21.046>
3. Лыжин А.С., Лукьянчук И.В. Молекулярный скрининг образцов земляники генетической коллекции «ФНЦ им. И.В. Мичурина» по локусу *08 To-f* устойчивости к мучнистой росе // Таврический вестник аграрной науки. 2024а. 1, 37. 103-111. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10926231>
4. Лыжин А.С., Лукьянчук И.В. Молекулярный скрининг аллелей резистентности *08 To-f*, *Rca2* и *Rpf1* в гибридном потомстве земляники садовой для идентификации форм с комплексной устойчивостью к грибным патогенам // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. 2024б. 10, 2. 105-110. <https://doi.org/10.18699/letvjgb-2024-10-12>

5. Лыжин А.С., Лукьянчук И.В. Изучение генетической коллекции земляники (*Fragaria* L.) по устойчивости к мучнистой росе // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2024с. 28, 2. 166-174. <https://doi.org/10.18699/vjgb-24-19>
6. Марченко Л.А. Методы и способы исследований для решения задач селекции земляники садовой (аналитический обзор) // Вестник КрасГАУ. 2021. 9. 59-68. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-9-59-68>
7. Макаренко С. А., Савин Е. З., Ильин В. С., Котов Л. А., Слепнева Т. Н., Чеботок Е. М., Тарасова Г. Н., Невоструева Е. Ю., Евтушенко Н. С., Фазлиахметов Х. Н., Мережко О. Е., Гасымов Ф. М. Исакова М. Г., Тележинский Д. Д., Лёзин М. С., Нигматзянов Р. А., Старцева Н. Ю., Тихонова М. А., Богданова И. И., Иванова Е. А. Помология Урала: сорта плодовых, ягодных культур и винограда. М.: Наука, 2022. 278. <https://elibrary.ru/eqlqgu>
8. Невоструева Е.Ю., Багмет Л.В. Номенклатурные стандарты сортов земляники селекции Свердловской селекционной станции садоводства // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024. 25, 5. 846-854. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.846-854>
9. Рахмангулов Р.С., Барабанов И.В., Ерастенкова М.В., Иванов А.А., Коваленко Т.М., Межина К.М., Петросян И.А., Харченко А.А., Шаймарданов Д.Ю., Шаймарданова Э.Х., Анисимова И.Н., Тихонова Н.Г., Ухатова Ю.В., Хлесткина Е.К. Новые направления в генетике, селекции, биотехнологии декоративных и ягодных культур в ВИР им. Н.И. Вавилова // Биотехнология и селекция растений. 2022. 5, 4. 65-78. <https://elibrary.ru/grlnfu>
10. Храбров И.Э., Антонова О.Ю., Шаповалов М.И., Семёнова Л.Г. Устойчивость земляники к основным грибным фитопатогенам: R-гены и их ДНК-маркеры // Биотехнология и селекция растений. 2019. 2, 3. 30-40. <https://elibrary.ru/zaklpl>
11. Duan W., Peng L., Jiang J., Zhang H., Tong G. Combined transcriptome and metabolome analysis of strawberry fruits in response to powdery mildew infection // Agronomy Journal. 2022. 114, 2. 1027-1039. <https://doi.org/10.1002/agj2.21026>
12. Hadonou A.M, Sargent D.J, Wilson F, James C.M, Simpson D.W. Development of microsatellite markers in *Fragaria*, their use in genetic diversity analysis, and their potential for genetic linkage mapping // Genome. 2004. 47, 3. 429-438. <https://doi.org/10.1139/g03-142>
13. Keldibekova M., Bezlepina E., Zubkova M., Dolzhikova M. DNA-screening of strawberry cultivars and hybrids (*Fragaria ananassa* Duch.) for resistance to fungal disease // Pakistan Journal of Botany. 2024. 56, 2. 751-757. [https://doi.org/10.30848/PJB2024-2\(29\)](https://doi.org/10.30848/PJB2024-2(29))
14. Koishihara H., Enoki H., Muramatsu M., Nishimura S., Susumu Y.U.I., Honjo M. Patent №. US10724093 Marker associated with powdery mildew resistance in plant of genus *Fragaria* and use thereof // Google Patents. 2020. <https://patents.google.com/patent/US10724093B2/en>
15. Lynn S.C., Dunwell J.M., Whitehouse A.B., Cockerton H.M. Genetic loci associated with tissue-specific resistance to powdery mildew in octoploid strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) // Frontiers in Plant Science. 2024. 15. 1376061. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1376061>

References

1. Deyneko, E.V. (2024). Modification of plant genomes by genetic engineering methods: directions and ways of development. *Russian journal of plant physiology*, 71(5), 487-501. <https://doi.org/10.31857/S0015330324050017>. (In Russian).
2. Kulikov, I.M., Evdokimenko, S.N., Tumaeva, T.A., Kelina, A.V., Sazonov, F.F., Andronova, N.V., & Podgaetsky, M.A. (2021). Scientific support of small fruit growing in Russia and prospects for its development. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 25(4), 414-419. <https://doi.org/10.18699/VJ21.046>. (In Russian, English abstract).
3. Lyzhin, A.S., & Luk'yanchuk I.V. (2024). Molecular screening of strawberry accessions from the "I.V. Michurin FSC" genetic collection by 08 To-f powdery mildew resistance locus. *Taurida*

- Herald of the Agrarian Sciences*, 1(37), 103-111. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10926231>. (In Russian, English abstract).
4. Lyzhin, A.S., & Luk'yanchuk, I.V. (2024). Molecular screening of resistance alleles *08 To-f*, *Rca2* and *Rpf1* in strawberry hybrid progeny for identify forms with complex resistance to fungal pathogens. *Letters to Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 10(2), 105-110. <https://doi.org/10.18699/letvjgb-2024-10-12>. (In Russian, English abstract).
 5. Lyzhin, A.S., & Luk'yanchuk, I.V. (2024). Study of a genetic collection of strawberry (*Fragaria* L.) for resistance to powdery mildew. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 28(2), 166-174. <https://doi.org/10.18699/vjgb-24-19>. (In Russian, English abstract).
 6. Marchenko, L.A. (2021). Research methods and ways in strawberry breeding problems solution (analytical review). *Bulletin of KSAU*, 9, 59-68. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-9-59-68>. (In Russian, English abstract).
 7. Makarenko, S.A., Savin, E.Z., Ilyin, V.S., Kotov, L.A., Slepneva, T.N., Chebotok, E.M., Tarasova, G.N., Nevostrueva, E.Yu., Yevtushenko, N.S., Fazliakhmetov, H.N., Merezko, O.E., Gasymov, F.M. Isakova, M.G., Telozhinsky, D.D., Lezin, M.S., Nigmatzyanov, R.A., Startseva, N.Yu., Tikhonova, M.A., Bogdanova, I.I., & Ivanova, E.A. (2022). *Pomology of the Urals: Varieties of Fruit, Berry Crops and Grapes*. Nauka. <https://elibrary.ru/eqlqgu>. (In Russian).
 8. Nevostrueva, E.Yu., & Bagmet, L.V. (2024). Nomenclatural standards of strawberry cultivars bred by Sverdlovsk Horticultural Breeding Station. *Agricultural Science Euro-North-East*, 25(5), 846-854. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.846-854>. (In Russian, English abstract).
 9. Rakhmangulov, R.S., Barabanov, I.V., Erastenkova, M.V., Ivanov, A.A., Kovalenko, T.V., Mezhdina, K.M., Petrosyan, I.A., Kharchenko, A.A., Shaimardanov, D.Yu., Shaimardanova, E.Kh., Anisimova, I.N., Tikhonova, N.G., Ukhatova, Yu.V., & Khlestkina, E.K. (2022). The new directions in genetics, breeding and biotechnology of ornamental and berry crops in the N.I. Vavilov Institute of Plant Genetic Resources (VIR). *Plant Biotechnology and Breeding*, 5(4), 65-78. <https://elibrary.ru/grlnfu>. (In Russian, English abstract).
 10. Khrabrov, I.E., Antonova, O.Yu., Shapovalov, M.I., & Semenova, L.G. (2019). Strawberry resistance to the major fungal phytopathogens: *R*-genes and their DNA markers. *Plant Biotechnology and Breeding*, 2(3), 30-40. <https://elibrary.ru/zaklpl>. (In Russian, English abstract).
 11. Duan, W., Peng, L., Jiang, J., Zhang, H., & Tong, G. (2022). Combined transcriptome and metabolome analysis of strawberry fruits in response to powdery mildew infection. *Agronomy Journal*, 114(2), 1027-1039. <https://doi.org/10.1002/agj2.21026>
 12. Hadonou, A.M, Sargent, D.J, Wilson, F, James, C.M, & Simpson, D.W. (2024). Development of microsatellite markers in *Fragaria*, their use in genetic diversity analysis, and their potential for genetic linkage mapping. *Genome*, 47(3), 429-438. <https://doi.org/10.1139/g03-142>
 13. Keldibekova, M., Bezlepina, E., Zubkova, M., & Dolzhikova, M. (2024). DNA-screening of strawberry cultivars and hybrids (*Fragaria ananassa* Duch.) for resistance to fungal diseases. *Pakistan Journal of Botany*, 56(2), 751-757. [https://doi.org/10.30848/PJB2024-2\(29\)](https://doi.org/10.30848/PJB2024-2(29))
 14. Koishihara, H., Enoki, H., Muramatsu, M., Nishimura, S., Susumu, Y.U.I., & Honjo, M. (2020). Marker associated with powdery mildew resistance in plant of genus *Fragaria* and use thereof (Patent No. US10724093). <https://patents.google.com/patent/US10724093B2/en>
 15. Lynn, S.C., Dunwell, J.M., Whitehouse, A.B., & Cockerton, H.M. (2024). Genetic loci associated with tissue-specific resistance to powdery mildew in octoploid strawberry (*Fragaria* × *ananassa*). *Frontiers in Plant Science*, 15, 1376061. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1376061>

Авторы:

Анна Валерьевна Худякова, к.б.н., н.с. Отдела интродукции и акклиматизации растений
ФГБНУ «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения
Российской академии наук», a.khudyakova@udman.ru
ORCID: 0000-0002-0125-9335
SPIN: 5099-6563

Марина Геннадьевна Маркова, н.с. Отдела интродукции и акклиматизации растений
ФГБНУ «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения
Российской академии наук», markovamg@udman.ru
ORCID: 0000-0002-9427-6766
SPIN: 7481-8877

Елена Юрьевна Невоструева, к.с.-х.н., с.н.с. Свердловской ССС ФГБНУ «Уральский
федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения
Российской академии наук», sadovodnauka@mail.ru
ORCID: 0000-0001-5077-1258
SPIN: 2077-6728

Authors:

Anna V. Khudyakova, PhD in Biology, researcher of the Department of Plant Introduction and
Acclimatization of the Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian
Academy of Sciences, a.khudyakova@udman.ru
ORCID: 0000-0002-0125-9335
SPIN: 5099-6563

Marina G. Markova, Researcher of the Department of Plant Introduction and Acclimatization of
the Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
markovamg@udman.ru
ORCID: 0000-0002-9427-6766
SPIN: 7481-8877

Elena Yu. Nevosttrueva, PhD in Agriculture Senior Researcher in The Ural Federal Agrarian
Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg,
Russian Federation, sadovodnauka@mail.ru
ORCID: 0000-0001-5077-1258
SPIN: 2077-6728

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 634.723.1

Селекционные перспективы повышения продуктивности и качества урожая смородины чёрной в аридной зоне Енисейской Сибири

Г.А. Муравьев¹, Т.М. Барыбкина¹ 

¹Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», 660041, пр. Свободный, 66, Красноярск, Россия, minusinskoye.oph@ksc.krasn.ru

Аннотация

Смородина чёрная занимает наибольшие площади среди ягодных культур сибирского сада, но её потенциал продуктивности не реализован из-за возрастания рисков природного характера, особенно усиления засушливости (аридности) территории, ухудшения фитосанитарного состояния садоценозов, увеличения антропогенной нагрузки на окружающую среду. В этих условиях постоянное совершенствование сортимента может быть решено созданием адаптивного селекционного материала. Цель исследований – оценка гибридного фонда смородины чёрной в условиях засушливых степей юга Красноярского края по продуктивности, скороплодности, крупноплодности, вкусовым качествам, длиннокистности, одновременности созревания с выделением ценных источников, результативных направлений и схем скрещиваний. Работа выполнена в Минусинском отделе плодово-ягодных культур Красноярского НИИСХ ФИЦ КНЦ СО РАН с 2018 по 2024 гг. Объекты исследований – 1935 сеянцев из 27 семей селекции отдела от гибридизации 2018, 2019 гг. с привлечением исходных образцов минусинского, алтайского, скандинавского, северо-американского и западноевропейского происхождения. Оценка гибридного материала проводилась по общепринятым методикам. Наибольшее количество высокопродуктивных гибридов в комбинациях скрещиваний с участием материнских форм Минусинская степная – 8,5%, Отрадная – 6,1%, 12-76-9 – 5,8%, Достойная – 4,5%. Лучшие гибридные семьи по скороплодности сеянцев: Отрадная × 3-75-1+3-75-3 (83,2%), Минусинская степная × Саянский сувенир (78,1%), Достойная × 3-75-1+3-75-3 (76,1%). Лучший выход образцов с крупными ягодами в семьях с участием сортов Отрадная, Достойная, элит 5-63-3, 5-63-1, 12-76-9. Посредственный и плохой вкус ягод преобладает в потомстве (средний показатель – 80,9%, при варьировании от 42,8 до 87,1%). Хороший вкус ягод отмечен у 18,4% сеянцев, выделено только 14 гибридов с отличным вкусом (0,7%). Среди гибридов длиннокистных (с наличием более 8 ягод) – 1,7%, среднекистных (5...7 ягод) – 85,1%, с короткой кистью – 13,2%. Гибридных растений с одновременным созреванием ягод – 36,7%. Лучшие по выходу таких гибридов сорт Отрадная (до 39,1%) и семьи с его участием (30,8...54,2%). За период исследований из гибридного фонда выделены 18 перспективных форм с комплексным сочетанием продуктивности и качества урожая повышенных уровней при сохранении зимовыносливости, устойчивости к засухе, жаре, основным патогенам. Самые результативные комбинации скрещиваний: Отрадная × 3-75-1+3-75-3, Минусинская степная × Саянский сувенир, Достойная × 3-75-1 + 3-75-3, Отрадная × 12-76-9, Отрадная × Сеянец Голубки, 12-76-9 × Отрадная, 12-76-9 × Достойная.

Ключевые слова: *Ribes nigrum* L., Восточная Сибирь, аридная зона, селекция, продуктивность, скороплодность, крупноплодность, вкусовые качества

Breeding prospects for improving yield productivity and quality of black currant in the arid zone of Yenisei Siberia

G.A. Muravyev¹, T.M. Barybkina¹

¹Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture "Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", 660041, Svobodny Avenue, 66, Krasnoyarsk, Russia, minusinskoye.oph@ksc.krasn.ru

Abstract

Black currant occupies the largest cultivated area among berry crops in Siberian orchards. However, its productivity potential is not provided due to increasing environmental risks, particularly the growing aridity of the region, deteriorating phytosanitary conditions in orchard ecosystems (orchard phytocoenosis), and rising human impact on the environment. Under these circumstances, the continuous improvement of the cultivar assortment can be achieved through the development of adaptive breeding material. The objective of the research was to evaluate the black currant hybrid collection under arid steppe conditions of the southern Krasnoyarsk region for productivity, early maturation, large fruit size, taste qualities, long fruiting cluster, and uniform ripening berry period, with identification of valuable genetic sources, effective breeding approaches, and optimal crossing schemes. The study was conducted at the Minusinsk Department of Fruit and Berry Crops, Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture «Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», (2018—2024). The objects of the study were 1935 seedlings from 27 breeding families generated in 2018—2019 through hybridization, using original samples of Minusinsk, Altai, Scandinavian, North American, and West European origin. The hybrid material was evaluated according to standard methodologies. The highest proportion of high-yielding hybrids was obtained in crosses involving the following maternal parents: Minusinskaya Stepnaya (8.5%), Otradnaya (6.1%), 12-76-9 (5.8%), and Dostoynaya (4.5%). The best hybrid families for early maturity were: Otradnaya × (3-75-1 + 3-75-3) (83.2%), Minusinskaya Stepnaya × Sayansky Souvenir (78.1%), and Dostoynaya × (3-75-1 + 3-75-3). The highest yield of large-berried specimens was observed in the families involving cultivars Otradnaya, Dostoynaya, and elite selections 5-63-3, 5-63-1, and 12-76-9. Mediocre and poor berry taste predominated in the progeny (average 80.9%, ranging from 42.8% to 87.1%). Good berry taste was observed in 18.4% of seedlings, with only 14 hybrids (0.7%) exhibiting excellent taste. Among the hybrids, long-clustered types (with more than 8 berries per cluster) accounted for merely 1.7%, medium-clustered (5—7 berries) predominated at 85.1%, while short-clustered types constituted 13.2%. Hybrid plants with uniform berry ripening represented 36.7% of the population. The cultivar Otradnaya demonstrated the highest yield of such hybrids (up to 39.1%), with its hybrid families showing 30.8-54.2% uniformity. Over the study period, 18 promising forms were selected from the hybrid collection, combining enhanced productivity and superior fruit quality while maintaining winter hardiness, drought and heat tolerance, and resistance to major pathogens. The most effective combinations of crosses were: Otradnaya × (3-75-1 + 3-75-3), Minusinskaya Stepnaya × Sayansky Souvenir, Dostoynaya × (3-75-1 + 3-75-3), Otradnaya × 12-76-9, Otradnaya × Syanets Golubki, 12-76-9 × Otradnaya, and 12-76-9 × Dostoynaya.

Key words: *Ribes nigrum* L., Eastern Siberia, arid zone, breeding, productivity, early maturation, large fruit size, taste qualities

Введение

Смородина чёрная (*Ribes nigrum* L.) – ведущая ягодная культура Сибири. Она пользуется заслуженным успехом у садоводов-любителей и производителей. К её достоинствам относятся скороплодность, зимостойкость, урожайность, высокое содержание в ягодах

витаминов и других биологически активных веществ. Это самый дешёвый источник витамина С, который в сочетании с Р-активными соединениями обеспечивает лечебное действие на организм человека (Ершова, 2019). Смородина способна давать ежегодные обильные урожаи, быстро окупать затраты, а производство ягод приносить дополнительную выгоду (Жидехина и др., 2019; Куликов и др., 2021).

Но одновременно получение ежегодного высокого урожая вызывает наибольшие трудности: морозы и оттепели зимой, жара и засуха летом, заморозки и суховеи весной, продолжительные затяжные дожди во время цветения и созревания, нашествия вредителей и болезней, ранние морозы осенью могут привести к резкому снижению урожайности и качества продукции. С меньшими потерями выходят из всех неблагоприятных природных ситуаций сорта с высоким уровнем адаптации, но пока нет сортов, которые способны комплексно преодолеть все эти трудности (Северин, 1988; Огольцова, 1992; Астахов, 2007).

Поэтому основное направление развития современного ягодоводства – постоянное сортообновление через внедрение новых высокоадаптированных образцов местной селекции, которые с первых этапов своего развития отобраны в условиях региона, для которого они создаются, с жёсткой браковкой нежизнестойких особей, сочетанием естественного и искусственного отборов (Шагина, 2005; Князев и др., 2016; Салтыкова и др., 2020; Назарюк, 2021; Гусева, 2021).

В Южно-Минусинской котловине Восточной Сибири встречается много дикорастущих растений смородины. Еще в конце XIX века лучшие образцы из местных боров и таёжных угодий переносились на приусадебные участки, они составили исходный фонд культуры.

Планомерную работу со смородиной на юге Средней Сибири начала вести Ю.Г. Леонова с 1934 года. На первоначальном этапе от посева семян отборных форм сибирского подвида смородины чёрной из дикорастущей флоры получены первые местные сорта Минусинка, Хакаска, Хасановец, Тагарская, Дипломная. Но эти сорта широкого распространения не получили из-за недостаточной самоплодности, что явилось причиной их низкой урожайности и резкого колебания продуктивности по годам. Некоторые из них представляли интерес как исходный материал в дальнейшей селекции на зимостойкость, засухоустойчивость и жаровыносливость.

Позже проводились скрещивания лучших местных сортов и форм между собой и с европейскими сортами, отдаленная гибридизация с крыжовником, посев семян от свободного опыления. Наилучшие результаты получены при скрещивании сортов, различных по своему происхождению. Успешным было вовлечение в селекционный процесс сорта Приморский чемпион, унаследовавшего ценные свойства смородины дикуши. В итоге, созданы сорта Дружная, Синяя, Ночка, Дымка, Сизовка, Песчанка, Туба. Скрещивания местных сортов с европейскими оказались неэффективными ввиду недостаточной зимостойкости гибридов. В дальнейшем главное внимание уделялось гибридизации местных сортов с алтайскими при широком использовании смеси пыльцы, из этого гибридного фонда выделены сорта Отрадная, Достойная, Удачная, Верная, Добрая (Куминов, 1983).

Новым направлением в селекции стало получение сферотекоустойчивого гибридного материала на основе использования смородины канадской, сортов скандинавского подвида. Из этой группы отобраны Минусинская сладкая, Дочь Дружной, Минусинская степная, Саянский сувенир, Черкашинская, Васса, Светланка.

На ближайшую перспективу, по нашему мнению, новый сорт смородины чёрной в сухостепных (аридных) условиях Средней Сибири должен обладать: урожайностью около 10,0 т/га (2,1 кг/куста), скороплодностью – с урожаем на третий год после посадки более 5,0 т/га (1,1 кг/куста), комплексом зимостойкости, элементами засухоустойчивости и

жаростойкости, устойчивостью к почковому клещу (поражение не более 1 балла), к сферотеке (не более 1 балла), к антракнозу и септориозу (до 1 балла), к рябухе (в молодом возрасте до 2 баллов), самоплодностью (более 40%), хорошими качественными признаками ягод (средняя масса 1,2...1,4 г, оценка вкуса более 4,5 баллов, одномерность не менее 50%, одновременность созревания не менее 60%, содержание сахаров более 6%, аскорбиновой кислоты более 150 мг/100 г). Кроме того, необходимы сорта с поздними сроками созревания (первая половина августа).

В период исследований у сортов собственной селекции и видовых источников в годы с благоприятным сочетанием климатических и агротехнических факторов отмечены максимальные уровни: урожайности – 16,1 т/га (3,4 кг/куста) у Достойной, скороплодности – 5,7 т/га (1,2 кг/куста) на третий год после посадки у Отрадной, массы ягоды – 3,5 г у Минусинской степной, самоплодности – 52% у Черкашинской, вкуса – 5,0 баллов у Достойной, Минусинской сладкой, Черкашинской, до 16 ягод в кисти у смородины черешчатой.

У нового сорта Тепсей (патент 13548, 19.04.2024 г.) показатели ниже: продуктивность – 8,7...12,9 т/га (1,8...2,7 кг/куста), скороплодность – 4,2 т/га (0,9 кг/куста) на третий год после посадки, масса ягоды – 1,5...3,3 г, самоплодность – 35%, вкус – 4,6 б, до 7 ягод в кисти.

В производственных насаждениях опытного хозяйства «Минусинское» урожайность не превышает 5,5 т/га.

Поэтому актуальна задача по реализации потенциальных возможностей культуры в регионе путем создания адаптированных к местным условиям современных сортов.

Цель исследований – на основе изучения генофонда смородины чёрной в аридных условиях юга Красноярского края выделить ценные источники, результативные направления и комбинации скрещиваний в селекции по созданию новых генотипов с комплексным сочетанием высокой продуктивности и улучшенного качества ягод.

Материалы и методы

Исследования проводились в Минусинском отделе плодово-ягодных культур Красноярского НИИСХ в типичных природно-климатических условиях сухостепной зоны Южно-Минусинской котловины Восточной Сибири.

Объекты исследований – 1935 сеянцев от меж- и внутривидовой гибридизации из 27 селекционных семей, полученных от скрещиваний 2018, 2019 гг. В скрещивания вовлечены формы со сложной генетической основой, производные-рекомбинанты в третьем – пятом поколениях смородины чёрной европейского (*R. nigrum* L., ssp. *europaecum* (Jancz.)Pavl.), сибирского (*R. nigrum* L., ssp. *sibiricum* (Egb.Wolf.)Pavl.), скандинавского (*R. nigrum* L., ssp. *scandinavicum* Hed) подвидов, дикуши (*R. dikuscha* Fisch), черешчатой (*R. petiolare*, Dougl.), канадской (*R. hudsonianum*, ssp. *canadense* Jancz.), различных экотипов и ареалов. Основная решаемая задача – получение зимостойкого патогеноустойчивого гибридного фонда с последующим насыщением генотипов признаками высокой продуктивности и качества урожая от сортов – доноров (Сорокопудов, Мелькумова, 2003; Князев, Бахотская, 2018).

Более результативным методом является сложноступенчатая селекция, связанная с созданием сложных комплексов разных видов путем постепенного присоединения признаков новых исходных форм к уже полученным наиболее жизнеспособным и продуктивным межвидовым и межсортовым гибридам. Преимуществом поэтапной селекции является создание сортов на разнообразной генетической основе при высокой степени выраженности признака.

Перспективны скрещивания лучших отборных форм местной селекции между собой. В подобных скрещиваниях создается возможность совмещения генов, дающих редкие сочетания, возможные при родственных скрещиваниях, т.к. часто исходные формы являются результатом географически и систематически отдаленных скрещиваний и возврат к одной из родственных форм не вызывает отрицательных последствий (Огольцова, 1992).

Посев осенний в год гибридизации нестратифицированными семенами, выращивание в пленочной теплице на солнечном обогреве, к осени более 80% однолетних сеянцев пригодны для высадки в селекционный сад. В сентябре на естественном инфекционном фоне проводили выбраковку сеянцев, пораженных американской мучнистой росой (*Sphaerotheca mors-uvae* (Schw) Berk et Gurt) более 1 балла и слаборослых (высотой менее 20 см), как потенциально не скороплодных, в среднем 34% от количества выращенного материала. Посадка весенняя 2020, 2021 гг., машинная, однолетними сеянцами по схеме 3,0 × 0,7 м, через каждые 200 гибридов высажены по 5 саженцев сорта Минусинская степная в качестве контроля, на фоне которого проводили сравнительную оценку селекционного материала и отбор перспективных образцов.

Экспериментальные участки расположены на орошаемых землях, рельеф равнинный, почвы – черноземы обыкновенный и южный, легкосуглинистые, малогумусные (2...4%), маломощные (12...15 см), с нейтральной реакцией среды, с повышенным содержанием соединений фосфора и средним калия (по данным станции агрохимслужбы «Минусинская», 2014 г.).

Климат – резко континентальный. Годовая амплитуда колебаний средних температур воздуха достигает 40°C. Среднегодовая температура воздуха +0,4°C, самого холодного месяца (января) -20,8°C, самого теплого (июля)+19,8°C, абсолютные максимум+39°C, минимум -52,4°C. Сумма температур выше 0°C – 2380, выше 10°C – 1980, ниже 0°C – 2320. Сумма осадков за год 320 мм, за вегетационный период – 223 мм. В первой четверти текущего столетия увеличились среднегодовая температура в два раза до +0,8°C, количество осадков только на 11% до 360 мм, засушливость (аридность) территории усиливается (Бопп, 2017).

В период исследований растения смородины подверглись критическим температурам воздуха: -41,2°C в январе 2023 г., +35,1°C в июне 2024 г., в наиболее холодную зиму 2022/2023 гг. сумма отрицательных температур составила 2140°C и в течение 29 дней наблюдалась морозная погода с температурой ниже -30°C. Высота снежного покрова около 15 см. В декабре 2022 г. и январе 2024 г. наблюдались оттепели до +2...+3°C, в мае 2022 г. в период цветения заморозок до -3,2°C. Губительны ежегодные засухи различной интенсивности, особенно в конце весны и в первой половине лета, вызывающие пыльные бури и дефляцию почв.

Технология выращивания обычная для засушливых степей с обязательным орошением. За вегетацию проводится 3...4 полива дождеванием по 300 м³/га.

Учеты и наблюдения проводились по программам и методикам селекции и сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (Огольцова, Куминов, 1995; Князев, Баянова, 1999). В условиях орошаемого сада оценку засухоустойчивости и жаростойкости проводили в ежегодный самый засушливый период (середина июля) с продолжительностью 20...25 дней, совпадающий с созревaniem ягод, при этом полив осуществлялся в конце июня – начале июля и после сбора урожая (конец июля). Экспериментальные данные обработаны методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1985).

Результаты и их обсуждение

Успех любой селекционной программы в значительной степени определяется наличием и выбором нужного исходного материала. На предыдущих этапах изучения местных и интродуцированных сортов и элитных форм выделены источники важнейших хозяйственно-биологических признаков (Муравьева, Муравьев, 2007). Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Источники адаптивно-значимых признаков смородины чёрной

Признак	Источник
Комплексная устойчивость к зимним повреждениям	Отрадная, Дружная, Дочь Дружной, Минусинская сладкая, Сеянец Голубки, 12-76-9
Устойчивость к почковому клещу	Дружная, Дочь Дружной, элиты 7-74-8, 62-2-158
к американской мучнистой росе	Сеянец Голубки, Отрадная, Память Шукшина, Triton, Карельская (клон Brödtorp), Фестиваль, Fertodi, Odjebin, Пушистая, смородина канадская, черешчатая, Sunderbyun-2, Leraan Musta, Kayane Musta
к рябухе	Ая, Алтайская десертная, Минусинская сладкая, Дочь Дружной, Сеянец Голубки, элита 62-4-159, Brödtorp
к септориозу и антракнозу	Дружная, Дочь Дружной, Диковинка, Отрадная, Достоянная, элита 62-2-158
Высокая продуктивность	Сеянец Голубки, Отрадная, Достоянная, Минусинская сладкая, элиты 12-76-9, 3-75-3, 3-75-1, Алтайская ранняя
Наибольшая отдача продукции с единицы объема куста	Элиты 12-76-9, 62-4-159, 12-74-4
Оптимальный габитус куста, одновременность созревания ягод	Минусинская сладкая, Отрадная, Алтайская ранняя, элиты 3-75-1, 3-75-3
Крупноплодность	Дружная, Отрадная, Достоянная, Память Шукшина, Алтайская ранняя, Ядреная, Минусинская сладкая, Памяти Потапенко, Перепел, Куминка, элиты 12-74-6, 9-76-2
Высокие вкусовые качества ягод	Достоянная, Дружная, Дочь Дружной, Алтайская десертная, Минусинская сладкая, Калиновка, Памяти Потапенко, Шадриха, Куминка, элиты 62-2-158, 62-6-79, 62-4-159
Высокое содержание аскорбиновой кислоты	Отрадная, Татьяна, Черная Гроздь, Достоянная, Минусинская сладкая, Дочь Дружной

Селекция смородины чёрной на повышение продуктивности – работа по совмещению в генотипах наиболее высоких уровней по признакам – компонентам урожайности (Князев и др., 2014).

При изучении гибридного потомства выявлено значительное влияние родительских высокоурожайных форм на получение гибридов со степенью плодоношения 4...5 баллов с наличием высокой положительной корреляционной связи ($r = 0,86$), существенной при 5% уровне значимости. При этом общее количество высокопродуктивных сеянцев незначительно (5,0%). Лучшими являются скрещивания по схеме: высокоурожайные × высокоурожайные, высокоурожайные × урожайные, но даже в этих комбинациях выщепляется не более 11,4% растений с высокой продуктивностью (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние комбинаций скрещиваний на расщепление признака продуктивности в гибридном потомстве смородины чёрной (4-ый год после посадки)

Комбинации скрещиваний	Изучено сеянцев, шт.	Из них со степенью плодоношения в баллах, %				
		4...5	3	2	1	0
Высокоурожайные × высокоурожайные	405	11,4	25,7	48,4	14,5	0,0
Высокоурожайные × урожайные	118	7,6	23,6	43,2	18,0	7,6
Высокоурожайные × среднеурожайные	797	3,6	18,3	40,6	27,1	10,4
Урожайные × высокоурожайные	72	2,8	16,7	28,8	46,2	5,5
Урожайные × среднеурожайные	242	1,9	15,8	32,2	37,8	12,3
Среднеурожайные × высокоурожайные	110	1,8	13,6	55,4	20,1	9,1
Среднеурожайные × урожайные	191	1,6	13,0	31,9	36,3	17,2
Среднее	-	5,0	19,1	40,7	26,5	8,7

В таблице 3 приведены данные по урожайности гибридных сеянцев семи комплексов семей. Они показывают существенное генотипическое разнообразие родительских форм и большие возможности в селекции на урожайность.

Таблица 3 – Продуктивность гибридных сеянцев в зависимости от родительских форм

Материнская форма	Отцовская форма	Изучено сеянцев, шт.	Продуктивность (после посадки)					
			на 3-й год			на 4-й год		
			растений, вступивших в плодоношение, %	средняя степень плодоношения, балл	с плодоношением 4...5 баллов, %	растений, вступивших в плодоношение, %	средняя степень плодоношения, балл	с плодоношением 4...5 баллов, %
Отрадная	3-75-1 + 3-75-3	48	83,2	1,3	6,3	100	2,0	18,8
	12-76-9	54	74,2	1,2	3,7	100	1,8	14,8
	Сеянец Голубки	56	73,3	1,4	5,4	100	2,1	14,3
	Пушистая	39	25,5	0,3	0	84,6	1,6	5,1
	Карельская	101	0	0	0	76,2	1,2	2,0
	Фестиваль	117	47,8	0,7	0	91,5	1,4	1,7
	Fertodi	95	56,8	0,6	0	92,7	1,5	0
Достойная	3-75-1 + 3-75-3	25	76,1	1,0	8,3	100	2,6	36,0
	Brödrtorp	62	51,6	0,6	0	91,9	1,5	3,2
	Odjebin	79	39,4	0,8	0	96,2	1,4	2,5
	Triton	77	46,8	0,7	0	94,8	1,3	1,3
	Fertodi	24	0	0	0	79,2	0,9	0
	смородина канадская	46	37,0	0,4	0	84,8	1,2	0
Пушистая	Отрадная	72	68,1	0,8	1,4	93,1	1,9	4,2
	Фестиваль	98	43,8	0,5	0	87,8	1,5	3,1
	Карельская	124	31,5	0,6	0	89,7	1,4	0
Фестиваль	Отрадная	64	48,4	0,6	1,7	96,9	2,0	6,3
	Пушистая	89	28,1	0,3	0	93,3	1,7	0
Карельская	Отрадная	66	31,9	0,3	1,2	87,9	1,8	6,1
	Пушистая	102	0	0	0	74,5	1,2	0
12-76-9	Дружная	79	63,3	0,8	6,3	100	1,9	12,7
	Достойная	94	70,2	1,1	7,4	100	2,6	8,5
	Отрадная	82	73,1	0,9	2,4	100	2,1	4,9
	Карельская	65	35,4	0,4	0	84,5	1,6	0
	Фестиваль	59	39,0	0,5	0	89,1	1,4	0
Минусинская степная	Саянский сувенир	46	78,1	1,1	6,5	100	2,4	17,4
	смородина черешчатая	72	52,8	0,6	0	94,4	1,8	2,8
Среднее			45,4	0,65	1,9	91,3	1,67	5,0

Скороплодность сортов смородины чёрной в сибирском регионе постоянно в поле внимания селекционера. Местные сорта обладают достаточным уровнем скороплодности и поэтому активно используются в качестве материнских форм.

На третий год после посадки в плодоношение вступили 45,4% сеянцев из 24 семей, из них в 12 семьях со степенью плодоношения 0,7...1,3 балла при среднем показателе 0,65 балла. Количество плодоносящих растений варьировало от 25,5 до 83,2%. Лучшие гибридные семьи по скороплодности: Отрадная × 3-75-1+3-75-3 (83,2%), Минусинская степная × Саянский сувенир (78,1%), Достойная × 3-75-1+3-75-3 (76,1%), Отрадная × 12-76-9 (74,2%), Отрадная × Сеянец Голубки (73,3%), 12-76-9 × Отрадная (73,1%), 12-76-9 × Достойная (70,2%). При межвидовых скрещиваниях с интродуцированными сортами Пушистая, Карельская, Фестиваль, Fertodi, Brödtorp, Odjebin и смородиной канадской в гибридном потомстве наблюдается снижение скороплодности. Не вступили в плодоношение гибриды из семей Отрадная × Карельская, Достойная × Fertodi и Карельская × Пушистая, еще в 9 комбинациях скрещиваний с их участием доля заплодоносивших сеянцев ниже среднего показателя (45,4%).

На четвертый год после посадки плодоношение отмечено у 91,3% сеянцев из всех семей. Высокий выход плодоносящих гибридов (100%) в комбинациях с участием родительских форм Отрадная, Достойная, Минусинская степная, Саянский сувенир, Сеянец Голубки, элит 3-75-1, 3-75-3, 12-76-9. Степень плодоношения у гибридных сеянцев – 1,67 балла при варьировании от 0,9 до 2,6 балла. Максимальный уровень продуктивности (2,1...2,6 балла) отмечен в семьях Достойная × 3-75-1+3-75-3, 12-76-9 × Достойная, Минусинская степная × Саянский сувенир, Отрадная × Сеянец Голубки, 12-76-9 × Отрадная.

Наибольшее количество высокопродуктивных гибридов в семьях Достойная × 3-75-1+3-75-3 (36,0%), Отрадная × 3-75-1+3-75-3 (18,8%), Минусинская степная × Саянский сувенир (17,4%). Таких растений в комбинациях скрещиваний с участием материнских форм Минусинская степная – 8,5%, Отрадная – 6,1%, 12-76-9 – 5,8%, Достойная – 4,5%, Фестиваль – 2,6%, Карельская – 2,4%, Пушистая – 2,1%.

Причиной пониженной продуктивности большинства гибридных семей является наличие бесплодных растений (8,7%). Вовлечение в селекцию патогеноустойчивых форм с умеренной продуктивностью увеличило в 20 семьях количество гибридов бесплодных (максимальные уровни: 25,5% в семье Карельская × Пушистая, 23,8% – Отрадная × Карельская, 20,8% – Достойная × Fertodi) и с низкой урожайностью (менее 2 баллов) до 76,9% гибридного фонда. В селекционных семьях, полученных от гибридизации материнского образца Карельская с другими формами, бесплодных гибридов 20,4%, в потомстве сорта Пушистая – 10,2%, Отрадная – 9,1%, Достойная – 7,7%, Фестиваль – 5,3 %, 12-76-9 – 4,1%, Минусинская степная – 3,4%. Совсем не отмечено бесплодных сеянцев только в восьми семьях (29,6%).

Крупноплодность – ведущая составляющая повышенной урожайности. Допущенные к использованию сорта на юге Красноярского края имеют среднюю массу ягоды около 1,2...1,3г, в некоторые годы до 1,5 г, максимально до 3,6 г, что указывает на возможность увеличить в новых генотипах способность давать больше крупных ягод. В отделе бракуются растения с массой ягоды менее 0,8 г, поэтому в каждой комбинации скрещиваний при оценке её перспективности рассматривается доля сеянцев со средней массой ягоды 0,9 и более граммов, средний выход таких гибридов по всем семьям 26,9% с варьированием от 16,4 до 57,9%. Крупноплодные (с ягодами массой более 1,2 г) гибридные растения выщепляются почти во всех семьях, но в небольшом количестве – 10,8% (в пределах от 2,0% до 30,4% в зависимости от исходных форм). Лучший выход образцов с крупными ягодами в семьях с участием сортов Отрадная, Достойная, Минусинская степная, Саянский сувенир, Сеянец

Голубки, Дружная, элитных сеянцев 5-63-3, 5-63-1, 12-76-9 (20,3...30,4%). В гибридном потомстве доля очень крупноплодных (более 1,5 г) сеянцев не превышает 0,8%, такие сеянцы получены только в 5 селекционных семьях из 27 (таблица 4).

Таблица 4 – Характеристика гибридных сеянцев по качеству урожая (4-ый год после посадки)

Материнская форма	Отцовская форма	Изучено сеянцев, шт.	Средняя масса, г	Крупноплодных %	Оценка вкуса, балл	Со вкусом более 4 баллов, %	Одновременно созревающих, %
Отрадная	3-75-1 + 3-75-3	48	1,2	29,2	3,8	45,8	54,2
	12-76-9	54	1,1	26,1	3,8	33,3	44,4
	Сеянец Голубки	56	1,0	23,2	3,4	26,8	32,1
	Пушистая	39	0,8	15,4	3,5	20,5	30,8
	Карельская	101	0,7	3,9	3,0	7,9	31,7
	Фестиваль	117	0,7	4,3	3,2	12,0	35,9
	Fertodi	95	0,7	3,1	3,2	12,6	40,1
Достойная	3-75-1 + 3-75-3	25	1,2	24,0	3,9	52,1	36,1
	Fertodi	24	0,9	8,3	3,6	29,1	24,9
	Brödtorp	62	0,8	8,1	3,1	4,8	29,0
	Odjebin	79	0,8	6,3	3,1	5,1	29,1
	Triton	77	0,8	7,8	3,0	3,9	31,1
	смородина канадская	46	0,6	4,3	3,0	8,7	17,4
Пушистая	Отрадная	72	0,8	12,5	3,6	25,1	42,7
	Фестиваль	98	0,7	6,1	3,0	10,9	28,6
	Карельская	124	0,7	4,8	3,2	11,3	39,8
Фестиваль	Отрадная	64	0,9	8,0	3,4	18,8	42,2
	Пушистая	89	0,7	5,6	3,2	4,5	30,3
Карельская	Отрадная	66	0,8	9,1	3,4	21,2	40,9
	Пушистая	102	0,7	2,0	3,0	2,9	26,5
12-76-9	Отрадная	82	1,1	23,2	3,5	17,1	47,6
	Достойная	94	1,1	23,4	3,8	34,0	38,2
	Дружная	79	1,0	20,3	3,7	32,9	31,6
	Карельская	65	0,7	4,6	3,2	10,8	36,9
	Фестиваль	59	0,7	14,8	3,3	13,6	37,3
Минусинская степная	Саянский сувенир	46	1,2	30,4	3,9	45,7	39,1
	смородина черешчатая	72	0,7	5,6	3,0	2,8	24,8
Среднее			0,8	10,8	3,3	19,1	36,7
НСР ₀₅			0,18	-	-	-	-

При проведении отборов в селекционном саду вкусовым достоинствам ягод гибридных растений смородины чёрной уделяется первостепенное внимание. Посредственный и плохой вкус ягод преобладает в потомстве при различных комбинациях скрещиваний (средний показатель – 80,9%, при варьировании от 42,8 до 87,1%). Хороший вкус ягод отмечен у 18,4% сеянцев, выделено только 14 гибридов с отличным вкусом (0,7%). Максимальное число сеянцев со вкусом более 4,0 баллов выявлено в семьях Достойная × 3-75-1+3-75-3 (52,1%), Отрадная × 3-75-1+3-75-3 (45,8%), Минусинская степная × Саянский сувенир (45,7%). Исходные формы с недостаточным вкусом ягод устойчиво передают гибриднему потомству этот отрицательный признак, хотя в отдельных семьях выщепляется до 29,1% сеянцев с хорошим вкусом (Достойная × Fertodi, Пушистая × Отрадная, Карельская × Отрадная, Отрадная × Пушистая). Требуется тщательный подбор материнских и отцовских форм с высоким уровнем признака вкуса. Необходимо отметить, что проявление вкуса зависит от погодных условий в год проведения отбора.

Большинство родительских форм имеют короткую и среднюю кисть (длиной 5...8 см, с наличием до 7 ягод). Это отразилось на расщеплении сеянцев по длине кисти:

длиннокистных (с наличием более 8 ягод) только 1,7%, среднекистных (5...7 ягод) – 85,1%, с короткой кистью – 13,2%. Лучшие результаты по выходу длиннокистных сеянцев в семьях Минусинская степная × смородина черешчатая (8,3%), Достойная × 3-75-1 + 3-75-3 (4,3%), Отрадная × Карельская (3,8%), Пушистая × Карельская (3,6%), Отрадная × Фестиваль (3,2%), Карельская × Пушистая (2,4%). Выращивание сеянцев на возвышенностях, более подверженных почвенной и воздушной засухам, снижает выход гибридов с длинной кистью в 2 раза по сравнению с участками благоприятного микроклимата.

Проведенные исследования убеждают, что в Минусинской сухостепной зоне гибриды с одновременно созревающими ягодами с успехом можно получить при любых комбинациях скрещиваний. Из 1935 изученных гибридных растений 36,7% с одновременным созреванием ягод. Лучшие по выходу таких гибридов сорт Отрадная (до 39,1% сеянцев) и семьи с его участием (30,8...54,2%).

За период исследований из гибридного фонда выделены 18 перспективных форм, из них 6 с комплексным сочетанием продуктивности и качества урожая повышенных уровней при сохранении устойчивости к природным аномалиям и наиболее вредоносным патогенам с перспективой отбора в сорта и 12 форм для дальнейшей селекции в качестве источников отдельных или нескольких ценных признаков, из семей Отрадная × 3-75-1+3-75-3 (6 форм), Достойная × 3-75-1+3-75-3 (4), Минусинская степная × Саянский сувенир (3) и по одной форме из 12-76-9 × Достойная, 12-76-9 × Отрадная, 12-76-9 × Дружная, Отрадная × Сеянец Голубки (таблица 5).

Таблица 5 – Характеристика лучших перспективных образцов смородины чёрной по продуктивности и качеству ягод (среднее за 2023...2024 гг.)

Форма	Происхождение	Урожайность, кг/куста		Срок созревания	Масса ягоды, г		Оценка вкуса, балл	Среднее количество ягод в кисти, шт.	Одно-временность созревания, %
		на 3-й год после посадки	на 4-й год после посадки		средняя	максим			
58-4-83	Отрадная × 3-75-1+3-75-3	1,3	2,1	17.07	1,2	3,1	4,4	7	52
58-5-237	Отрадная × 3-75-1+3-75-3	1,2	2,0	17.07	1,3	3,3	4,5	6	57
58-9-316	Отрадная × 3-75-1+3-75-3	1,4	2,3	19.07	1,2	3,0	4,4	6	54
58-12-106	Достойная × 3-75-1+3-75-3	1,5	2,5	22.07	1,3	3,5	4,8	8	48
58-12-184	12-76-9 × Достойная	1,3	2,2	22.07	1,4	3,4	4,7	8	52
58-12-297	Минусинская степная × Саянский сувенир	1,4	2,5	20.07	1,3	3,6	4,7	7	45

Заключение

Результативные комбинации скрещиваний с наибольшим выходом высокопродуктивных и с повышенным качеством ягод гибридных сеянцев: Отрадная × 3-75-1+3-75-3, Достойная × 3-75-1+3-75-3, Минусинская степная × Саянский сувенир, 12-76-9 × Достойная, 12-76-9 × Отрадная, 12-76-9 × Дружная, Отрадная × Сеянец Голубки.

Родительские скороплодные, высокоурожайные, крупноплодные формы оказывают значительное влияние на получение гибридов с быстрым вступлением в плодоношение, высокопродуктивных (со степенью плодоношения 4...5 баллов) и с крупными ягодами. Но, одновременно, получение очень крупноплодных (с массой ягод более 1,5 г) сеянцев – сложная и трудоемкая задача, их доля в селекционных семьях не превышает 0,8 % даже при скрещиваниях крупноплодных родительских форм.

Посредственный и плохой вкус ягод преобладает в потомстве (средний показатель – 80,9%, при варьировании от 42,8 до 87,1%). Хороший вкус ягод отмечен у 18,4% сеянцев, выделено только 14 гибридов с отличным вкусом (0,7%).

Родительские образцы с короткой и средней кистью устойчиво передают этот признак гибридному потомству (до 98,3%).

В Минусинской сухостепной зоне гибриды с одновременно созревающими ягодами с успехом можно получить при любых комбинациях скрещиваний (в среднем 36,7%).

Создание устойчивого к американской мучнистой росе селекционного материала предусматривает привлечение исходных форм с пониженной продуктивностью и недостаточными вкусовыми качествами, что отразилось на ухудшении этих признаков у гибридного потомства, этот фактор предполагает проведение возвратных скрещиваний с источниками высокой урожайности и качества ягод при сохранении устойчивости к аномалиям природного характера.

Для дальнейшего изучения отобраны 18 перспективных форм с комплексным сочетанием продуктивности и качества урожая повышенных уровней при сохранении устойчивости к климатическим стрессам и основным патогенам.

Благодарности

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Финансирование

Исследования выполнены при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания по направлению 4.1.6 Агрономия, селекция и защита растений. Раздел 4.1.2.3 Управление селекционным процессом создания новых генотипов культурных растений с высокоценными признаками продуктивности и качества, устойчивости к био- и абиострессорам; методы и способы реализации генетического потенциала новых генотипов сельскохозяйственных, лекарственных и ароматических культур. По теме «Создание сортов нового поколения зерновых, зернобобовых, масличных, плодово-ягодных культур с повышенной адаптацией и стрессоустойчивостью, их первичное и промышленное семеноводство для условий Средней Сибири» (FWES-2024-0033).

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Астахов А.И. Смородина чёрная – состояние и перспективы селекции // Современное состояние культуры смородины и крыжовника. Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 2007. 21-31. <https://elibrary.ru/wbxmnpb>
2. Бопп В.Л. Садоводство // Система земледелия на ландшафтной основе: науч.-практ. рекоменд. / под. ред. С.В. Брылева. Красноярск: Поликор, 2017. 134-187.
3. Гусева Н.К. Оценка новых сортов смородины чёрной в сухостепной зоне Бурятии // Адаптивный сортимент и эффективные агротехнологии возделывания садовых культур в Сибири. Красноярск: ФИЦ КНЦ СО РАН, 2021. 153-157.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351.
5. Ершова И.В. Сорта смородины чёрной как источники высокого содержания биологически активных соединений // Достижения науки и техники АПК. 2019. 33, 11. 60-62. <https://elibrary.ru/iyqonw>
6. Жидехина Т.В., Родюкова О.С., Гурьева И.В., Хромов Н.В., Брыксин Д.М. Современные тенденции в обновлении промышленного сортимента ягодных и нетрадиционных садовых культур // Достижения науки и техники АПК. 2019. 33, 2. 22-26. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10206>

7. Князев С.Д., Бахотская А.Ю. Генетическое разнообразие смородины чёрной сортов селекции ВНИИСПК // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. 54. 47-51. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2018-54-47-51>
8. Князев С.Д., Баянова Л.В. Смородина, крыжовник и их гибриды // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 351-373. <https://elibrary.ru/yhappx>
9. Князев С.Д., Левгерова Н.С., Пикунова А.В., Салина Е.С., Чекалин Е.И., Янчук Т.В., Шавыркина М.А. Селекция чёрной смородины: методы, достижения, направления. Орёл: ВНИИСПК. 2016. 328. <https://elibrary.ru/vwpjyb>
10. Князев С.Д., Пикунова А.В., Бахотская А.Ю., Шавыркина М.А., Чекалин Е.И. Инновационные направления селекционных исследований смородины чёрной // Селекция и сорторазведение садовых культур. Орёл: ВНИИСПК, 2014. 192-211. <https://elibrary.ru/uqezep>
11. Куликов И.М., Евдокименко С.Н., Тумаева Т.А., Келина А.В., Сазонов Ф.Ф., Андропова Н.В., Подгаецкий М.А. Научное обеспечение ягодоводства России и перспективы его развития // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. 25, 4. 414-419. <https://doi.org/10.18699/VJ21.046>
12. Куминов Е.П. Чёрная смородина в Восточной Сибири. Красноярск, 1983. 88.
13. Муравьева Л.П., Муравьев Г.А. Генофонд и проблемы селекции смородины и крыжовника на юге Средней Сибири // Современное состояние культур смородины и крыжовника. Мичуринск: ВНИИС, 2007. 127-131. <https://elibrary.ru/wdpcwz>
14. Назарюк Н.И. Некоторые результаты работы по селекции смородины чёрной в условиях Алтайского края // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы конференции. Брянск: Брянский ГАУ, 2021. 142-147. <https://elibrary.ru/nenzyq>
15. Огольцова Т.П. Селекция чёрной смородины: прошлое, настоящее, будущее. Тула: Приокское книжное издательство, 1992. 384.
16. Огольцова Т.П., Куминов Е.П. Селекция чёрной смородины // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова. Орел: ВНИИСПК, 1995. 314-340. <https://elibrary.ru/rcflzd>
17. Салтыкова Т.И., Вахрушева Н.С., Софронов А.П. Оценка гибридного материала смородины чёрной селекции Федерального аграрного научного центра Северо-Востока по комплексу хозяйственно-ценных признаков. // Садоводство и виноградарство. 2020. 4. 5-11 <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-4-5-11>
18. Северин В.Ф. Чёрная смородина в Сибири.: технология выращивания, заготовка и переработка. М.: Росагропромиздат, 1988. 93.
19. Сорокопудов В.Н., Мелькумова Е.А. Биологические особенности смородины и крыжовника при интродукции. Новосибирск: РАСХН, 2003. 296. <https://elibrary.ru/umaqoh>
20. Шагина Т.В. Итоги селекции чёрной смородины // Перспективы северного садоводства на современном этапе. Екатеринбург: Свердловская CCC, 2005. 166-171. <https://elibrary.ru/ovpdqf>

References

1. Astakhov, A.I. (2007). Black currant – state and prospects of selection. In *Current state of currant and gooseberry culture* (pp. 21-31). VNIIS. <https://elibrary.ru/wbxmpb>. (In Russian).
2. Bopp, V.L. (2017). Horticulture. In S.V. Brylev (Ed.) *Landscape-Based Farming System: scientific-practical recommendations*. (pp. 134-187). Polikor. (In Russian).

3. Guseva, N.K. (2021). Evaluation of new black currant cultivars in the dry-steppe zone of Buryatia. In *Adaptive Cultivar Assortment and Efficient Agrotechnologies for Horticultural Crops in Siberia*. (pp. 153-157). FRC KSC SB RAS. (In Russian).
4. Dospekhov, B.A. (1985). *Methods of Field Experiment: (With the Basics of Statistical Processing of Research Results)*. Agropromizdat. (In Russian).
5. Ershova, I.V. (2019). Varieties of blackcurrant as sources of a high content of biologically active compounds. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*, 33(11), 60-62. <https://elibrary.ru/iyqonw>. (In Russian, English abstract).
6. Zhidekhina, T.V., Rodiukova, O.S., Gurieva, I.V., Khromov, N.V., & Bryksin, D.M. (2019). Modern trends in commercial assortment upgrading of berry and non-traditional horticultural crops. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*, 33(2), 22-26. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10206>. (In Russian, English abstract).
7. Knyazev, S.D., & Bakhotskaya, A.Yu. (2018). Genetic diversity of black currant varieties breeding of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*, 54, 47-51. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2018-54-47-51>. (In Russian, English abstract).
8. Knyazev, S.D., & Bayanova, L.V. (1999). Currants, gooseberries and their hybrids. In E.N. Sedov, T.P. Ogoltsova (Eds.), *Program and Methods of Variety Investigation of Fruit, Berry and Nut Crops* (pp. 351-373). VNIISPK. <https://elibrary.ru/yhappx>. (In Russian).
9. Knyazev, S.D., Levgerova, N.S., Pikunova, A.V., Salina, E.S., Checkalin, E.I., Yanchuk, T.V., & Shavyrkina, M.A. (2016). *Black Currant Breeding: Methods, Achievements, Trends*. VNIISPK. <https://elibrary.ru/vwpjyb>. (In Russian).
10. Knyazev, S.D., Pikunova, A.V., Bakhotskaya, A.Yu., Shavyrkina, M.A., & Chekalin, E.I. (2014). Innovative directions of black currant breeding research. In *Breeding and Variety Cultivation of Fruit and Berry Crops* (pp. 192-211). VNIISPK. <https://elibrary.ru/uqezep>. (In Russian, English abstract).
11. Kulikov, I.M., Evdokimenko, S.N., Tumaeva, T.A., Kelina, A.V., Sazonov, F.F., Andronova, N.V., & Podgaetskiy, M.A. (2021). Scientific support of small fruit growing in Russia and prospects for its development. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 25(4), 414-419. <https://doi.org/10.18699/VJ21.046>. (In Russian, English abstract).
12. Kuminov, E.P. (1983). *Black Currant in Eastern Siberia*. Krasnoyarsk. (In Russian).
13. Muravieva, L.P., & Muraviev, G.A. (2007). Genofond and breeding problems of currants and gooseberries in southern Central Siberia. In *The Current State of Currant and Gooseberry Crops* (pp. 127-131). VNIIS. <https://elibrary.ru/wdpcwz>. (In Russian).
14. Nazaryuk, N.I. (2021). Some results of the work on the selection of black currant in the conditions of the Altai Territory. In *Agroecological Aspects of the Sustainable Development of Agriculture: conference proceedings* (pp. 142-147). Bryansk SAU. <https://elibrary.ru/nenzyq>. (In Russian, English abstract).
15. Ogoltsova, T.P. (1992). *Black Currant Breeding: Past, Present, Future*. Priokskoe knizhnoe izdatelstvo. (In Russian).
16. Ogoltsova, T.P., & Kuminov, E.P. (1995). Black currant breeding. In E.N. Sedov (Ed.) *Program and Methods of Breeding Fruit, Berry and Nut Crops* (pp. 314-340). VNIISPK. <https://elibrary.ru/rcflzd>. (In Russian).
17. Saltykova, T.I., Vakhrusheva, N.S., & Sofronov, A.P. (2020). The assessment of hybrid material of black currant of Federal Agrarian Scientific Center of the North-East breeding according to the complex of economically valuable features. *Horticulture and Viticulture*, 4, 5-11. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-4-5-11>. (In Russian, English abstract).

18. Severin, V.F. (1988). *Black Currant in Siberia: Cultivation Technology, Harvesting and Processing*. Rosagropromizdat. (In Russian).
19. Sorokopudov, V.N., & Melkumova, E.A. (2003). *Biological Features of Currants and Gooseberries During Introduction*. RAAS. <https://elibrary.ru/umaqoh>. (In Russian).
20. Shagina, T.V. (2005). Results of black currant selection. In *Prospects for Northern Gardening at the Present Stage* (pp. 166-171). Sverdlovsk SSS. <https://elibrary.ru/ovpdqf>. (In Russian).

Авторы:

Георгий Афанасьевич Муравьев, старший научный сотрудник, Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», minusinskoye.oph@ksc.krasn.ru
SPIN 3036-6609

Татьяна Михайловна Барыбкина, научный сотрудник, Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», barybkina@sh.krasn.ru
ORCID: 0009-0001-9574-2327
SPIN: 6228-6018


Authors:

Georgy A. Muravyev, senior researcher in Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture «Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», minusinskoye.oph@ksc.krasn.ru
SPIN: 3036-6609

Tatiana M. Barybkina, researcher in Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture «Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences», barybkina@sh.krasn.ru
ORCID: 0009-0001-9574-2327
SPIN: 6228-6018

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 631.527: 634.322 (470.620)

Номенклатурные стандарты сортов жимолости селекции Южно-Уральского НИИ садоводства и картофелеводства ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАНЛ.В. Багмет¹ , Е.М. Чеботок²¹Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова, ул. Б. Морская, 42-44, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, secretary@vir.nw.ru²ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», 620142, ул. Белинского, 112а, г. Екатеринбург, Россия, sadovodnauka@mail.ru**Аннотация**

Создание и обнародование номенклатурных стандартов необходимо для закрепления названия сорта за его внешним видом и, следовательно, определенным набором генетической информации. Номенклатурные стандарты имеют большое значение для закрепления авторских прав создателей сорта, а также позволяют пользователям избежать неоднородности или засорения сортовых посадок. В данной публикации обнародованы номенклатурные стандарты 6 сортов жимолости селекции Южно-Уральского НИИ садоводства и картофелеводства ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН: 'Амазонка', 'Горлинка', 'Елизавета', 'Лазурит', 'Мария', 'Уральская'. Номенклатурные стандарты созданы на базе коллекции жимолости Свердловской селекционной станции садоводства ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН и оформлены в соответствии с рекомендациями Международного кодекса номенклатуры культурных растений (ICNCP). Гербарный образец номенклатурного стандарта каждого сорта представлен одним гербарным листом, на котором размещены части одного растения, собранные дважды в течение вегетационного периода: цветки – в период цветения; плоды и однолетние побеги – в период плодоношения. Растительный материал для номенклатурных стандартов был отобран под руководством эксперта (Е.М. Чеботок) с растений, обладающих типичными сортовыми признаками. Гербарные листы дополнены фотографиями цветков и плодов и заверены подписью эксперта. Номенклатурные стандарты зарегистрированы в базе данных «Гербарий ВПР» 'Амазонка' (WIR-109168), 'Горлинка' (WIR-109169), 'Елизавета' (WIR-109170), 'Лазурит' (WIR-109171), 'Мария' (WIR-109172), 'Уральская' (WIR-109173) и вместе с сопроводительными документами переданы на хранение в типовой фонд Гербария культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (WIR), в Национальный центр генетических ресурсов растений. Созданные номенклатурные стандарты могут быть использованы в качестве носителя подлинности генетической информации сорта как селекционного достижения.

Ключевые слова: *Lonicera caerulea* L.; гербарный образец; Гербарий культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (WIR); культурная флора; прикладная ботаника

Nomenclatural standards of honeysuckle cultivars created by South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing

L.V. Bagmet¹ , E.M. Chebotok²

¹ N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russian Federation, 42, Bolshaya Morskaya Str., St. Petersburg, Russian Federation, 190031, secretary@vir.nw.ru

² Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science, Belinskogo Street, 112a, Ekaterinburg, Russia, 620142, sadovodnauka@mail.ru

Abstract

The creation and promulgation of nomenclatural standards is necessary to fix the name of a cultivar to its appearance and therefore to a certain set of genetic information. Nomenclatural standards are of great importance for securing the copyrights of the creators of the cultivar, and also allow users to avoid heterogeneity or clogging of cultivars plantings. Our publication designates the nomenclatural standards of 6 honeysuckle cultivars created in the South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing: 'Amazonka', 'Gorlinka', 'Elizaveta', 'Lazurit', 'Mariya', and 'Ural'skaya'. The nomenclatural standards have been created on the basis of the honeysuckle collection of the Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture – structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science» and are designed in accordance with International code of nomenclature for cultivated plants (ICNCP) recommendations. The herbarium model of the nomenclatural standard of each cultivar is represented by one herbarium folio, which contains parts of one plant collected twice during the growing season: flowers – during flowering; fruits and annual shoots – during fruiting. The plant material for the nomenclatural standards was selected under the guidance of an expert (E.M. Chebotok) from the plants with typical cultivar characteristics. Herbarium sheets are supplemented with photo of flowers and fruits and are signed by an expert. Nomenclatural standards have been registered in the VIR Herbarium database and, together with the accompanying documents, have been deposited in the standard fund of the Herbarium of Cultivated Plants of the World, Their Wild Relatives and Weeds (WIR), to the National Center for Plant Genetic Resources. The created nomenclatural standards can be used as a carrier of authenticity of the genetic information of the cultivar as a breeding achievement.

Key words: *Lonicera caerulea* L.; herbarium sample; Herbarium of cultivated plants of the world, their wild relatives and weeds; cultural flora; applied botany

Введение

Жимолость является перспективной ягодной культурой благодаря уникальному сочетанию полезных свойств, раннего срока созревания и устойчивости к низким температурам. В разных странах мира возрастает интерес к изучению и селекции жимолости. Особенно популярны работы по изучению биохимического состава и адаптивности сортов (Перова и др., 2023; Саякова, Ермек, 2023; Фирсова и др., 2019; Gürçan et al., 2024; Lauritzen et al., 2015; Naugzemys et al., 2013; Razgonova et al., 2025; Rupasinghe et al., 2012;), а также поиску доноров и источников хозяйственно ценных признаков (Куклина и др., 2017; Имамкулова и др., 2022; Козак и др., 2018; Прищепина, Сорокопудов, 2018; Фролова и др., 2023; Хохрякова, Пугач, 2022). Полноценная селекционная работа по отбору перспективных форм жимолости синей со съедобными плодами начата в России в сороковых годах 20 века. В 1956 году решением Всесоюзного совещания по введению в культуру новых полезных растений жимолость рекомендована для широкого возделывания в качестве ягодной культуры в садах России (Плеханова, 1979). В период с 1960 по 2000 гг.

жимолость рассматривалась как культура любительских садов, потому и направлением селекционных работ являлось получение крупноплодных сортов десертного вкуса (Куминов, 1994). В последние десятилетия культура жимолости динамично развивается, спрос на нее постоянно растет. Если в 1995 году районированный сортимент насчитывал всего 9 сортов (Плеханова и др., 1995), то в 2025 году Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию (далее – Госреестр), уже включает 138 сортов (<https://gossortrf.ru...Жимолость>). Сегодня селекция жимолости ориентируется на нужды промышленного выращивания. Основная часть промышленных плантаций в России расположена в Сибири, на Урале и в европейской части страны (Сорокин, 2020). Приоритетным направлением селекции жимолости стало получение крупноплодных, высокопродуктивных сортов, пригодных к полному механизированному циклу. Большинство современных сортов созданы на основе жимолости камчатской (*Lonicera caerulea* subsp. *kamtschatica* (Pojark.) Plekhanova, жимолости Турчанинова или Палласа (*L. caerulea* subsp. *pallasii* (Ledeb.) Browicz (= *L. turczaninowii* Pojark), жимолости съедобной (*L. edulis* Turcz.), жимолости алтайской (*L. caerulea* subsp. *altaica* (Pall.) Plekhanova, жимолости Бочкарниковой (*L. boczkarnikoviae* Plekhanova). Научными учреждениями России (ВИР им. Н.И. Вавилова, НИИСС им. М.А. Лисавенко, Бакчарский опорный пункт северного садоводства, ЮУНИИСК, ВНИИС им. И.В. Мичурина и др.) выведены перспективные сорта, отвечающие современным селекционным требованиям, отработаны технологии возделывания и уборки урожая, налажена система производства посадочного материала и переработки ягодной продукции, что даёт предпосылки для закладки производственных насаждений в России и за рубежом. На Южном Урале (ЮУНИИСК – филиал ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН, г. Челябинск) работа по селекции жимолости была начата в 1972 г. В.С. Ильиным, с 1976 г. совместно с Н.А. Ильиной. За годы исследований было создано и изучено около 9 тыс. сеянцев жимолости, отобрано более 600 перспективных сеянцев. Наиболее продуктивными оказались гибриды жимолости алтайской (*Lonicera altaica* Pall.), а также жимолости алтайской и жимолости камчатской (*Lonicera caerulea* L. = *Lonicera kamtschatica* (Sevast.) Pojark.). Больше всего растений со сладкими плодами выявлено у потомства камчатской жимолости (45,9%), гибридов между камчатской и алтайской жимолостью (40,0%), а также алтайской и камчатской жимолостью (33,5%), что говорит о камчатской жимолости как доноре признака десертного вкуса. Больше всего отборов было в семьях: 'Черничка' – свободное опыление (26,7%) и сеянцев жимолости камчатской от свободного опыления (19,2%). В этих семьях выше и выход крупноплодных отборов, форм с десертным вкусом плодов (Ильин, Ильина, 2013). Использование жимолости камчатской в гибридизации обеспечивает более высокий выход отборных форм (до 13,4%), выше здесь и количество сеянцев со средней массой плодов более 1,0 г (Куклина и др., 2017; Петруша, 2019; Петруша, Крыкова, 2016; Петруша, Русакова, 2023а, 2023б).

За более чем полувековой период создан оптимальный сортимент по жимолости для условий Урала, способный обеспечить высокую экономическую эффективность промышленных насаждений ягодных культур. Десертный вкус плодов лучших сортов, пригодность к механизированной уборке урожая, высокая зимостойкость, устойчивость цветков и завязи к весенним заморозкам делают ее высокорентабельной производственной культурой в этом регионе (Ильин, Ильина, 2016). Всего в ЮУНИИСК выведено получено более 25 сортов жимолости синей, из которых 18 включены в Госреестр. В настоящее время в биоресурсной коллекции УНУ «Генофонд плодовых, ягодных и декоративных культур на Среднем Урале» на Свердловской селекционной станции садоводства коллекция жимолости насчитывает 121 сортообразец, из них 28 селекции станции, 3 – народной

селекции и 90 интродуцированных, в том числе 6 селекции ЮУНИИСК. Основные направления селекции культуры: адаптивность, урожайность, крупноплодность, товарные качества плодов.

Во Всероссийском институте генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова по созданию коллекции номенклатурных стандартов отечественных сортов культурных растений. Совместно с российскими селекционерами (Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, Свердловская селекционная станция садоводства, Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Субтропический научный центр РАН, Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина) созданы номенклатурные стандарты сортов плодовых и ягодных культур (яблоня, груша, мандарин, черная смородина, земляника и др.). В 2023 году созданы номенклатурные стандарты 17 сортов жимолости селекции Павловской опытной станции ВИР (Багмет, Тихонова, 2023). Номенклатурные стандарты являются важнейшей составной частью правильного документирования сортов. Согласно рекомендациям Международного кодекса культурных растений (Международный кодекс..., 2022), в качестве номенклатурного стандарта назначается гербарный образец, который отражает таксономические признаки сорта, заверенный экспертом, законно опубликованный и бессрочно хранящийся в научной гербарной коллекции. Номенклатурный стандарт служит официальным документом сорта, подтверждает его аутентичность и может быть использован для защиты авторских прав селекционеров.

Целью настоящего исследования было создание номенклатурных стандартов сортов жимолости селекции Южно-Уральского НИИ садоводства и картофелеводства (ЮУНИИСК) из коллекции УНУ «Генофонд плодовых, ягодных и декоративных культур на Среднем Урале» на Свердловской селекционной станции садоводства.

Материалы и методика

Материалом для исследования послужила коллекция жимолости Свердловской селекционной станции садоводства – структурного подразделения Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН) и Гербарий культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений ВИР (WIR). Для создания номенклатурных стандартов были выбраны имеющиеся в коллекции станции сорта жимолости селекции ЮУНИИСК:

Оценку морфологических и хозяйственных признаков сортов проводили согласно методике RTG/277/1 (2022) на отличимость, однородность и стабильность для жимолости и классификатору ВИР и сверяли их с опубликованными описаниями исследуемых сортов (Ильин, Ильина, 2009; Евтушенко, 2014; Помология..., 2018; Макаренко и др., 2022). Гербарные образцы, выбранные в качестве номенклатурных стандартов, оформляли в соответствии с положениями Международного кодекса номенклатуры культурных растений (ICNCP) (Brickell, 2016; Международный кодекс..., 2022) и протоколом, разработанным в ВИР (Гавриленко, Чухина, 2020).

Результаты и их обсуждение

В результате проведенного исследования в Гербарий культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений переданы номенклатурные стандарты шести сортов жимолости, выведенных на базе коллекции ЮУНИИСК. Основные помологические характеристики сортов представлены в виде таблицы (таблица 1).

Таблица 1 – Основные помологические признаки сортов жимолости

Признак	Сорт					
	'Амазонка'	'Горlinka'	'Елизавета'	'Лазурит'	'Мария'	'Уральская'
1	2	3	4	5	6	7
Высота куста	среднерослый		сильнорослый	среднерослый		сильнорослый
Габитус куста	слабораскидистый			компактный, обратноконической формы	среднераскидистый, густой	
	густой, обратноконической формы	средней густоты, обратноконической формы	густой, округлой формы		с округлой кроной	
Побеги	средней толщины					
	изогнутые, средне волосистоопушенные буромалиновые, направление роста вертикальное	изогнуты у верхушки, не опушенные, коричневые, направление роста горизонтальное	прямые или слабоизогнутые, средне волосистоопушенные, малиновобурые, направление роста близко к вертикальному	изогнуты у верхушки, буромалиновые, средне войлочноопушенные, направление роста вертикальное	прямые или слабоизогнутые, слабо волосистоопушенные, малиновые, направление роста горизонтальное	изогнутые, бурокрасные, с сизым налетом, волосистоопушенные
Почки	верхушечные почки удлинённые					
	направление пазушных почек к побегу наклонное	направление пазушных почек к побегу наклонное или перпендикулярное	направление пазушных почек к побегу наклонное	направление пазушных почек к побегу наклонное или перпендикулярное	направление пазушных почек к побегу наклонное	направление пазушных почек к побегу наклонное
Листья	средней величины, светло-зеленые, удлинённо-яйцевидные, верхушка тупозаостренная	средней величины, зеленые, ланцетные, слабоопушенные	крупные и средние, зеленые, удлинённо-яйцевидные с острой верхушкой, опушенные, вогнутые	крупные, зеленые, темно-зеленые, удлинённо-овальные, верхушка тупозаостренная, слабоопушенные, морщинистые	средние, темно-зеленые, ланцетной формы, с острой верхушкой, слабоопушенные	крупные, зеленые, опушенные, выпуклые
Основание листа	округлое				сердцевидное	округлое
Черешок листа	короткий, буро-зеленый	короткий, зеленый	короткий, зеленый	короткий, зеленый	короткий, зеленый	короткий, зеленый
Прилистники	полуокруглые, направлены книзу	полуокруглые, сложены книзу	полуокруглые, сложены книзу	полуокруглые, направлены книзу	полуокруглые, направлены книзу	полуокруглые, направлены книзу
Цветки	почти белые, лепестки разведены в стороны	белые	белые	белые	белые	бледно-окрашенные
	средней величины			крупные	средней величины	
	воронковидные		трубчато-воронковидные			
Прицветники	шиловидные опушенные	нитевидные	нитевидные	шиловидные	шиловидные	шиловидные
Соплодия	крупные (средней массой 1,1 г, макс. 1,6 г)	крупные (средней массой 1,1 г, макс. 1,6 г)	крупные (средней массой 1,2 г, макс. 1,8 г)	очень крупные (средней массой 1,3 г, макс. 2,5 г)	крупные (средней массой 1,1 г, макс. 1,6 г)	крупные (средней массой 1,2 г, макс. 1,5 г)
Форма плодов	цилиндрическая, поверхность бугристая, обертка сомкнутая	цилиндрическая, поверхность слабобугристая, обертка сомкнутая	удлинённо-овальная, поверхность бугристая, обертка сомкнутая	цилиндрическая, с заострением к верхушке, обертка сомкнутая	цилиндрическая или удлинённо-овальная, поверхность бугристая, обертка сомкнутая	цилиндрическая, с ровным валиком, поверхность бугристая, обертка сомкнутая
Основание плода	неровно-бугристое, чашечка на поверхности	округлое, чашечка на поверхности	плоское, с полускрытой чашечкой	плоское, чашечка на поверхности	бугристое, с полускрытой чашечкой	округлое, чашечка на поверхности

Окраска плодов	фиолетово-синяя с сизым налетом	темно-синяя с густым сизым налетом	голубовато-синяя с густым сизым налетом	фиолетово-синяя с густым сизым налетом	темно-синяя с густым сизым налетом	фиолетово-синяя
Вкус	десертный, со слабо выраженной горечью	десертный	с легким привкусом горечи	нежный, сладкий, десертный	кисло-сладкий, десертный	нежный, сладкий, десертный
	нежный, сладкий					
Зимостойкость	высокая					
Устойчивость	слабовосприимчив к вредителям и болезням					
Урожайность	2,5 кг/куст	2,5 кг/куст	2,5 кг/куст	2,5 кг/куст	2,5 кг/куст	2,0 кг/куст
Срок созревания	сверхранний	среднепоздний	средний	средний	среднеранний	средний
Назначение	универсальный					

Номенклатурные стандарты сортов жимолости:

Сорт 'Амазонка' – cultivar 'Amazonka'. Включён Госреестр и допущен к использованию по всем регионам возделывания культуры в 2013 г. Достоинства сорта: высокая зимостойкость, урожайность, крупноплодность, десертный вкус, сверххранение сроки созревания. Недостатки сорта: не выявлены.

Nomenclatural standard: Происхождение: Южно-Уральский НИИ садоводства и картофелеводства. Автор: В.С. Ильин, Н.А. Ильина. Получен от свободного опыления сорта 'Черничка'. Репродукция: Свердловская селекционная станция садоводства. Собирали: 15.05.2024 (цветки), Л.В. Багмет, Н.С. Евтушенко; 21.06.2024 (плоды, однолетние побеги), Е.М. Чеботок. Определили: Н.С. Евтушенко, Е.М. Чеботок. (WIR-109168). – Origin: South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing. Author: V.S. Il'in, N.A. Il'ina. It was obtained from free pollination of the 'Chernichka' cultivar. Reproduction: Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture. Collectors: 15.05.2024 (flowers), L.V. Bagmet, N.S. Evtushenko; 21.06.2024 (fruit, first-year shoots), E.M. Chebotok. Identified by: N.S. Evtushenko, E.M. Chebotok. (WIR-109168).

Гербарий представлен на одном листе (рисунок 1).

Сорт 'Горлинка' – cultivar 'Gorlinka'. Включён в Госреестр и допущен к использованию по всем регионам возделывания культуры в 2015 г. Достоинства сорта: крупноплодность, десертный вкус, высокая урожайность, зимостойкость. Недостатки сорта: не выявлены.

Nomenclatural standard: Происхождение: Южно-Уральский НИИ садоводства и картофелеводства. Автор: В.С. Ильин, Н.А. Ильина. Получен от свободного опыления сорта 'Черничка'. Репродукция: Свердловская селекционная станция садоводства. Собирали: 15.05.2024 (цветки), Л.В. Багмет, Н.С. Евтушенко; 21.06.2024 (плоды, однолетние побеги), Е.М. Чеботок. Определили: Н.С. Евтушенко, Е.М. Чеботок. (WIR-109169). – Origin: South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing. Author: V.S. Il'in, N.A. Il'ina. It was obtained from free pollination of the 'Chernichka' cultivar. Reproduction: Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture. Collectors: 15.05.2024 (flowers), L.V. Bagmet, N.S. Evtushenko; 21.06.2024 (fruit, first-year shoots), E.M. Chebotok. Identified by: N.S. Evtushenko, E.M. Chebotok. (WIR-109169).

Гербарий представлен на одном листе (рисунок 2).

Сорт 'Елизавета' – cultivar 'Elizaveta'. Включён в Госреестр и допущен к использованию по всем регионам возделывания культуры в 2008 г. Достоинства сорта: высокая зимостойкость, урожайность, крупный размер ягод. Недостатки сорта: легкая горчинка плодов.

Nomenclatural standard: Происхождение: Южно-Уральский НИИ садоводства и картофелеводства. Автор: В.С. Ильин, Н.А. Ильина. Получен от свободного опыления сорта 'Черничка'. Репродукция: Свердловская селекционная станция садоводства. Собирали: 15.05.2024 (цветки), Л.В. Багмет, Н.С. Евтушенко; 21.06.2024 (плоды, однолетние побеги), Е.М. Чеботок. Определили: Н.С. Евтушенко, Е.М. Чеботок. (WIR-109170). – Origin: South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing. Author: V.S. Il'in, N.A. Il'ina. It was obtained

from free pollination of the 'Chernichka' cultivar. Reproduction: Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture. Collectors: 15.05.2024 (flowers), L.V. Bagmet, N.S. Evtushenko; 21.06.2024 (fruit, first-year shoots), E.M. Chebotok. Identified by: N.S. Evtushenko, E.M. Chebotok. (WIR-109170).

Гербарий представлен на одном листе (рисунок 3).

Сорт 'Лазурит' – cultivar 'Lazurit'. Включён в Госреестр и допущен к использованию по всем регионам возделывания культуры в 1999 г. Достоинства сорта: крупноплодность, десертный вкус, высокая урожайность и зимостойкость. Недостатки сорта: не выявлены.

Nomenclatural standard: Происхождение: Южно-Уральский НИИ садоводства и картофелеводства. Автор: В.С. Ильин, Н.А. Ильина. Получен от свободного опыления сорта 'Смолинская'. Репродукция: Свердловская селекционная станция садоводства. Собирали: 15.05.2024 (цветки), Л.В. Багмет, Н.С. Евтушенко; 21.06.2024 (плоды, однолетние побеги), Е.М. Чеботок. Определили: Н.С. Евтушенко, Е.М. Чеботок. (WIR-109171). – Origin: South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing. Author: V.S. Il'in, N.A. Il'ina. It was obtained from free pollination of the 'Smolinskaya' cultivar. Reproduction: Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture. Collectors: 15.05.2024 (flowers), L.V. Bagmet, N.S. Evtushenko; 21.06.2024 (fruit, first-year shoots), E.M. Chebotok. Identified by: N.S. Evtushenko, E.M. Chebotok. (WIR-109171).

Гербарий представлен на одном листе (рисунок 4).

Сорт 'Мария' – cultivar 'Mariya'. Включён в Госреестр и допущен к использованию по всем регионам возделывания культуры в 2016 г. Достоинства сорта: крупноплодность, высокая зимостойкость и урожайность, десертный вкус, раннее созревание. Недостатки сорта: не выявлены.

Nomenclatural standard: Происхождение: Южно-Уральский НИИ садоводства и картофелеводства. Автор: В.С. Ильин, Н.А. Ильина. Получен от свободного опыления жимолости камчатской. Репродукция: Свердловская селекционная станция садоводства. Собирали: 15.05.2024 (цветки), Л.В. Багмет, Н.С. Евтушенко; 21.06.2024 (плоды, однолетние побеги), Е.М. Чеботок. Определили: Н.С. Евтушенко, Е.М. Чеботок. (WIR-109172). – Origin: South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing. Author: V.S. Il'in, N.A. Il'ina. It was obtained from free pollination of the Kamchatka honeysuckle. Reproduction: Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture. Collectors: 15.05.2024 (flowers), L.V. Bagmet, N.S. Evtushenko; 21.06.2024 (fruit, first-year shoots), E.M. Chebotok. Identified by: N.S. Evtushenko, E.M. Chebotok. (WIR-109172).

Гербарий представлен на одном листе (рисунок 5).

Сорт 'Уральская' – cultivar 'Ural'skaya'. Достоинства сорта: высокая зимостойкость, урожайность, крупноплодность, десертный вкус. Недостатки сорта: не выявлены.

Nomenclatural standard: Происхождение: Южно-Уральский НИИ садоводства и картофелеводства. Автор: В.С. Ильин, Н.А. Ильина. Получен от свободного опыления сорта 'Черничка'. Репродукция: Свердловская селекционная станция садоводства. Собирали: 15.05.2024 (цветки), Л.В. Багмет, Н.С. Евтушенко; 21.06.2024 (плоды, однолетние побеги), Е.М. Чеботок. Определили: Н.С. Евтушенко, Е.М. Чеботок. (WIR-109173). – Origin: South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing. Author: V.S. Il'in, N.A. Il'ina. It was obtained from free pollination of the 'Chernichka' cultivar. Reproduction: Sverdlovsk Breeding Station of Horticulture. Collectors: 15.05.2024 (flowers), L.V. Bagmet, N.S. Evtushenko; 21.06.2024 (fruit, first-year shoots), E.M. Chebotok. Identified by: N.S. Evtushenko, E.M. Chebotok. (WIR-109173).

Гербарий представлен на одном листе (рисунок 6).



Рисунок 1 – Номенклатурный стандарт сорта жимолости 'Амазонка'



Рисунок 2 – Номенклатурный стандарт сорта жимолости 'Горlinkка'



Рисунок 3 – Номенклатурный стандарт сорта жимолости 'Елизавета'



Рисунок 4 – Номенклатурный стандарт сорта жимолости 'Лазурит'



Рисунок 5 – Номенклатурный стандарт сорта жимолости 'Мария'



Рисунок 6 – Номенклатурный стандарт сорта жимолости 'Уральская'

Заключение

В публикации обнародованы номенклатурные стандарты 6 сортов жимолости селекции Южно-Уральского НИИ садоводства и картофелеводства ФГБНУ УрФАНЦ УрО РАН. В результате проведённого исследования загербаризированы, оформлены, зарегистрированы в БД «Гербарий ВИР» и переданы на хранение в типовой фонд Гербария культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (WIR) 6 образцов номенклатурных стандартов в количестве 10 гербарных листов: 'Амазонка' (WIR-109168), 'Горlinka' (WIR-109169), 'Елизавета' (WIR-109170), 'Лазурит' (WIR-109171), 'Мария' (WIR-109172), 'Уральская' (WIR-109173). Образцы представлены 6 гербарными листами номенклатурных стандартов и 4 листами дубликатов номенклатурных стандартов ('Амазонка', 'Елизавета', 'Лазурит', 'Мария').

Финансирование

Работа выполнена в рамках реализации Программы развития Национального центра генетических ресурсов растений по соглашению с Минобрнауки России от 26.02.2025 № 075-02-2025-1584 и Государственного задания ФГБНУ УрФАНЦ УрО РАН по теме № 0532-2023-0003 «Адаптивная селекция ягодных культур пригодных для интенсивных технологий возделывания» с использованием уникальной научной установки «Генофонд плодовых, ягодных и декоративных культур на Среднем Урале».

Funding

The research was carried out as part of the implementation of the Development Program of the National Center for Plant Genetic Resources under the agreement with the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated February 26, 2025 No. 075-02-2025-1584 and the state assignment of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science» «Adaptive breeding of berry crops suitable for intensive cultivation technologies» (№ 0532-2023-0003) with USI of the collection of living plants of the open ground «Gene Pool of fruit, berry and decoration crops in the Middle Urals».

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of the interests: the authors declare that there is no conflict of interest.

Литература

1. Багмет Л.В., Тихонова Н.Г. Номенклатурные стандарты сортов жимолости селекции Павловской опытной станции Всероссийского научно-исследовательского института генетических ресурсов имени Н. И. Вавилова // Садоводство и виноградарство. 2023. 4. 5-13. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2023-4-5-13>
2. Гавриленко Т.А., Чухина И.Г. Номенклатурные стандарты современных российских сортов картофеля, хранящиеся в гербарии ВИР (WIR): новые подходы к регистрации сортового генофонда в генбанках // Биотехнология и селекция растений. 2020. 3, 3. 6-17. <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-3-o2>
3. Евтушенко Н.С. Экономическая эффективность возделывания жимолости в условиях Среднего Урала // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. 40, 2. 112-116. <https://elibrary.ru/tbefbj>
4. Ильин В.С., Ильина Н.А. Жимолость синяя – надёжная ягодная культура северных садов России // Современное садоводство. 2013. 3. 1-7. <https://elibrary.ru/seieyl>

5. Ильин В.С., Ильина Н.А. Жимолость синяя на Южном Урале // Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля: сборник научных трудов. Челябинск: ФГБНУ ЮУНИИСК, 2016. 41-47. <https://elibrary.ru/wquvob>
6. Ильин В.С., Ильина Н.А. Селекция жимолости синей на Южном Урале // Состояние и перспективы развития культуры жимолости в современных условиях: материалы конференции. Мичуринск: ВНИИС, 2009. 110-112.
7. Имамкулова З.А., Козак Н.В., Медведев С.М. Результаты изучения жимолости синей (*Lonicera caerulea* L.) в ФГБНУ ФНЦ Садоводства // Плодоводство и ягодоводство России. 2022. 70. 40-49. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2022-70-40-49>
8. Козак Н.В., Имамкулова З.А., Куликов И.М., Медведев С.М. Источники хозяйственно ценных признаков коллекционных образцов жимолости синей (*Lonicera caerulea* L.) // Садоводство и виноградарство. 2018. 1. 16-23. <https://doi.org/10.25556/VSTISP.2018.1.10498>
9. Куклина А.Г., Сорокопудов В.Н., Упадышев М.Т., Сорокопудова О.А., Пришепина Г.А. Состояние и перспективы селекции жимолости синей // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017. 5. 41-45. <https://elibrary.ru/zwifcr>
10. Куминов Е.П. Нетрадиционные садовые культуры. Мичуринск, 1994.
11. Макаренко С.А., Савин Е.З., Ильин В.С., Котов Л.А., Слепнева Т.Н., Чеботок Е.М., Тарасова Г.Н., Невоструева Е.Ю., Евтушенко Н.С., Фазлиахметов Х.Н., Мережко О.Е., Гасымов Ф.М., Исакова М.Г., Тележинский Д.Д., Лёзин М.С., Нигматзянов Р.А., Старцева Н.Ю., Тихонова М.А., Богданова И.И., Иванова Е.А. Помология Урала: сорта плодовых, ягодных культур и винограда. М.: Наука, 2022. 288-310. <https://elibrary.ru/eqllqgu>
12. Международный кодекс номенклатуры культурных растений. Часть III–VI, Приложение I–IX / перевод с английского И.Г. Чухина, С.Р. Мифтахова, В.И. Дорофеев // Vavilovia. 2022. 5, 1. 41-70. <https://doi.org/10.30901/2658-3860-2022-1-41-70>
13. Методика проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность: жимолость синяя (*Lonicera caerulea* L.). RTG/277/1. М.: Госсортокмиссия, 2022. <https://gossortrf.ru/upload/metodic/R0277.zip>
14. Перова И.Б., Эллер К.И., Герасимов М.А., Батурина В.А., Акимов М.Ю., Акимова О.М., Миронов А.М., Кольцов В.А. Исследование комплекса биологически активных веществ в плодах перспективных сортов жимолости голубой (*Lonicera caerulea* L.). Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023. 184, 1. 53-69. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-1-53-69>
15. Петруша Е.Н., Крыкова А.С. Новые виды жимолости камчатской для селекции на продуктивность и качество плодов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2016. 4. 41-45. <https://elibrary.ru/wezwgzw>
16. Петруша Е.Н. Хозяйственно-биологическая характеристика новых сортов жимолости селекции Камчатского НИИСХ // Плодоводство и ягодоводство России. 2019. 58. 273-278. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2019-58-273-278>
17. Петруша Е.Н., Русакова Е.А. Генетическое разнообразие жимолости камчатской как источник селекции на продуктивность и качество плодов // Современное садоводство. 2023а. 3. 27-34. <https://elibrary.ru/ytubdu>
18. Петруша Е.Н., Русакова Е.А. Изучение элитных форм жимолости камчатской (*Lonicera kamtschatica*) для создания сорта с высоким уровнем хозяйственно ценных признаков // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2023б. 4. 55-58. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/4/55-58>
19. Плеханова М.Н. Биологические особенности жимолости со съедобными плодами в условиях Ленинградской области: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук. Л., 1979.

20. Плеханова М.Н., Кондрикова А.В., Хайрова Л.Н. Сорта и виды жимолости (*Lonicera subsect. caeruleae*) – источники и доноры хозяйственно-ценных признаков для селекции // Каталог мировой коллекции ВИР. СПб.: ВИР, 1995. 665.
21. Помология сортов плодово-ягодных, овощных культур и картофеля селекции Южно-Уральского НИИ садоводства и картофелеводства / под редакцией А. А. Васильева. Челябинск: ФГБНУ ЮУНИИСК, 2018. 342-385. <https://elibrary.ru/xslmtr>
22. Прищепина Г.А., Сорокопудов В.Н. Использование сорта Провинциалка как донора хозяйственно-ценных признаков в селекции жимолости синей // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. 6. 16-20. <https://elibrary.ru/ymhpij>
23. Саякова Г.М., Ермек К.Ж. Фармакогностическое исследование отечественного растительного сырья жимолости съедобной // Фармация Казахстана. 2023. 6. 273-280. <https://doi.org/10.53511/pharmkaz.2024.36.12.036>
24. Сорокин А.А. Рынок жимолости России 2020 // Ассоциация производителей жимолости. 2020 <https://haskapru.com/2021/01/25/rynok-zhimolosti-rossii-2020/?ysclid=mhby2stil9409927407>
25. Фирсова С.В., Софронов А.П., Русинов А.А. Оценка сортов и форм жимолости по комплексу хозяйственно-ценных признаков // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2019. 6, 1. 99-104. <https://elibrary.ru/btuhzc>
26. Фролова Л.В., Пигуль М.Л., Зазулин А.Г., Колядко Е.О. Источники крупноплодности в селекции ягодных культур // Плодоводство. 2023. 35, 2. 69-73. <https://elibrary.ru/hqqjcx>
27. Хохрякова Л.А., Пугач В.А. Оценка отборных форм жимолости синей (*Lonicera caerulea* Rehd.) алтайской селекции // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. 7. 40-46. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-213-7-40-46>
28. Brickell C.D., Alexander C., Cubey J.J., David J.C., Hoffman M.H.A., Leslie A.C., Malécot V., Xiaobai Jin. International code of nomenclature for cultivated plants. Ed. 9 // Scripta Horticulturae. 2016. 18. 1-27. https://www.ishs.org/sites/default/files/static/ScriptaHorticulturae_18.pdf
29. Gürçan K., Yılmaz K.U., Tunç Y., Yaman M., Gunes A., Yildiz E., Khadivi A. Evaluation of genetic diversity in some hybrid individuals of honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) based on fruit characteristics, leaf morphology, vitamin C, antioxidant activity, and biochemical and nutritional contents // BMC Plant Biology. 2024. 24. 1158. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05846-3>
30. Lauritzen E., Black B., Maughan T. Haskap (Blue Honeysuckle) in the Garden. Logan: Utah State University Extension, 2015. 3. https://digitalcommons.usu.edu/extension_curall/752
31. Naugzemys D., Zilinskaitė S., Skridaila A., Kleizaitė V., Patamsytė J., Zvingila D. Genotyping and Assessment of Genetic Relationships among Cultivars, Genetic Lines and Species of *Lonicera* L. using RAPD // Acta Horticulturae. 2013. 976. 311-317. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.976.42>
32. Razgonova M.P., Nawaz M.A., Rusakova E.A., Sabitov A.S., Tikhonova N.G., Golokhvast K.S. Comparative Analysis of the Metabolomic Profile of Honeysuckle *Lonicera caerulea* L. from Four Eurasian Regions by Using HPLC-ESI-MS and ESI-MS/MS Analysis // Molecules. 2025. 30, 18. 3761. <https://doi.org/10.3390/molecules30183761>
33. Rupasinghe H.P.V., Yu J.L., Khushwant S.B., Bhullar S., Bors B. Haskap (*Lonicera caerulea*): A new berry crop with high antioxidant capacity // Canadian journal of Plant Science. 2012. 92, 7. 1311-1317. <https://doi.org/10.4141/cjps2012-073>

References

1. Bagmet, L.V., & Tikhonova, N.G. (2023). Nomenclature standards of honeysuckle varieties selected by the Pavlovsk Experimental Station of the Vavilov All-Russian Institute of Plant

- Genetic Resources. *Horticulture and Viticulture*, 4, 5-13. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2023-4-5-13>. (In Russian, English abstract).
2. Gavrilenko, T.A., & Chukhina, I.G. (2020). Nomenclatural standards of modern Russian potato cultivars preserved at the VIR herbarium (WIR): A new approach to cultivar genepool registration in a genebank. *Plant Biotechnology and Breeding*, 3(3), 6-17. <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-3-o2>. (In Russian, English abstract).
 3. Evtushenko, N.S. (2014). Economic efficiency of the cultivation of the Honeysuckle in the conditions of Middle Ural. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*, 40(2), 112-116. <https://elibrary.ru/tbefbj>. (In Russian, English abstract).
 4. Ilyin, V.S., & Ilyina, N.A. (2013). Honeysuckle blue – a reliable berry crop of northern Russian gardens. *Contemporary Horticulture*, 3, 1-7. <https://elibrary.ru/seieyl>. (In Russian, English abstract).
 5. Ilyin, V.S., & Ilyina, N.A. (2016). Honeysuckle blue in the Southern Urals. In *Breeding, Seed Production and Technology of Fruit and Berry Crops and Potatoes* (Vol. 18, pp 41-47). UNIISK. <https://elibrary.ru/wquvob>. (In Russian).
 6. Ilyin, V.S., & Ilyina, N.A. (2009). Blue honeysuckle breeding in the Southern Urals. In *State and Prospects of Honeysuckle Culture Development in Modern Conditions: conference proceedings* (pp 110-112). VNIIS.
 7. Imamkulova, Z.A., Kozak, N.V., & Medvedev, S.M. (2022). Results of the study of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) in Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*, 70, 40-49. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2022-70-40-49>. (In Russian, English abstract).
 8. Kozak, N.V., Imamkulova, Z.A., Kulikov, I.M., & Medvedev, S.M. (2018). Sources of economically valuable characteristics of collection samples of honeysuckle blue (*Lonicera caerulea* L.). *Horticulture and Viticulture*, 1, 16-23. <https://doi.org/10.25556/VSTISP.2018.1.1049815>. (In Russian, English abstract).
 9. Kuklina, A.G., Sorokopudov, V.N., Upadyshev, M.T., Sorokopudova, O.A., Prischepina, G.A. (2017). Current state and trends of selection of the Sweet-Berry Honeysuckle. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 5, 41-45. <https://elibrary.ru/zwifcr>. (In Russian, English abstract).
 10. Kuminov, E.P. (1994). *Non-Traditional Garden Crops*. VNIIS. (In Russian).
 11. Makarenko, S.A., Savin, E.Z., Ilyin, V.S., Kotov, L.A., Slepneva, T.N., Chebotok, E.M., Tarasova, G.N., Nevostrueva, E.Yu., Yevtushenko, N.S., Fazliakhmetov, H.N., Merezhko, O.E., Gasymov, F.M., Isakova, M.G., Telezhinskiy, D.D., Lezin, M.S., Nigmatzyanov, R.A., Startseva, N.Yu., Tikhonova, M.A., Bogdanova, I.I., & Ivanova, E.A. (2022). *Pomology of the Urals: Cultivars of Fruit, Berry Crops and Grapes* (pp 288-310). Nauka. <https://elibrary.ru/eqlqgu>. (In Russian).
 12. Chukhina, I.G., Miftakhova, S.R., & Dorofeyev, V.I. (Transl.) (2022). International Code of Nomenclature for Cultivated Plants. Division III–VI, Appendix I–IX. *Vavilovia*, 5(1), 41-70. <https://doi.org/10.30901/2658-3860-2022-1-41-70>. (In Russian).
 13. *Methods of Testing for Distinctness, Uniformity and Stability: Honeysuckle (Lonicera caerulea L.)*. RTG/277/1. (2022). Gossortcomissiya. <https://gossortrf.ru/upload/metodic/R0277.zip>. (In Russian).
 14. Perova, I.B., Eller, K.I., Gerasimov, M.A., Baturina, V.A., Akimov, M.Yu., Akimova, O.M., Mironov, A.M., & Koltsov, V.A. (2023). A study of a complex of bioactive compounds in the fruits of promising blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) cultivars. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 184(1), 53-69. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-1-53-69>. (In Russian, English abstract).

15. Petrusha, Ye.N., & Krykova, A.S. (2016). New kinds of Kamchatka honeysuckle for breeding on productivity and quality of fruits. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 4, 41-45. <https://elibrary.ru/wezwgz>. (In Russian, English abstract).
16. Petrusha, Ye.N. (2019). Economic biological characteristic of new grades of a Honeysuckle of selection of the Kamchatka Scientifically Research Institute of Agriculture. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*, 58, 273-278. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2019-58-273-278>. (In Russian, English abstract).
17. Petrusha, E.N., & Rusakova, E.A. (2023a). Genetic diversity of Kamchatka Honeysuckle as a source of breeding for productivity and quality of berries. *Contemporary Horticulture*, 3, 27-34. <https://elibrary.ru/ytubdu>. (In Russian, English abstract).
18. Petrusha, E.N., & Rusakova, E.A. (2023b). Study of elite forms of Kamchatka Honeysuckle (*Lonicera kamtschatica*) to create a variety with a high level of economically valuable traits. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 4, 55-58. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/4/55-58>. (In Russian, English abstract).
19. Plekhanova, M.N. (1979). *Biological Features of Honeysuckle with Edible Fruits in the Conditions of the Leningrad Region: Agri. Sci. Can. Thesis*. Leningrad. (In Russian).
20. Plekhanova, M.N., Kondrikova, A.V., & Khairova, L.N. (1995). Cultivars and species of honeysuckle (*Lonicera* subsect. *caeruleae*) are sources and donors of economically valuable traits for breeding. *Catalog of the World Collection of VIR* (Vol. 665). VIR. (In Russian).
21. Vasiliev, A.A. (Ed.) (2018). *Pomology of Varieties of Fruit and Berry, Vegetable Crops and Potatoes Selected by the South Ural Research Institute of Horticulture and Potato Growing* (pp 342-385). UNIISK. <https://elibrary.ru/xslmtrю>. (In Russian).
22. Prishchepina, G.A., & Sorokopudov, V.N. (2018). The use of Provincial varieties as donors of agronomic traits in breeding of blue honeysuckle. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*, 6, 16-20. <https://elibrary.ru/ymhpjj>. (In Russian, English abstract).
23. Sayakova, G.M., & Ermek, K.Zh. (2023). Pharmacognostic study of domestic medicinal plant raw materials of edible honeysuckle (*Lonicera edulis* L.). *Pharmacy of Kazakhstan*, 6, 273-280. <https://doi.org/10.53511/pharmkaz.2024.36.12.036>. (In Russian, English abstract).
24. Sorokin, A.A. (2020). *The Russian Honeysuckle Market 2020*. Honeysuckle Growers Association <https://haskapru.com/2021/01/25/rynok-zhimolosti-rossii-2020/?ysclid=mhby2stil9409927407>. (In Russian).
25. Firsova, S.V., Sofronov, A.P., & Rusinov, A.A. (2019). The assessment of honeysuckle varieties and forms on a set of commercially valuable signs. *Breeding and Variety Cultivation of Fruit and Berry Crops*, 6(1), 99-104. <https://elibrary.ru/btuhzc>. (In Russian, English abstract).
26. Frolova, L.V., Pigul, M.L., Zazulin, A.G., & Kolyadko, E.O. (2023). Sources of large-fruit capacity in breeding of berry crops. *Fruit Growing*, 35(2), 69-73. <https://elibrary.ru/hqqjcx>. (In Russian, English abstract).
27. Khokhryakova, L.A., & Pugach, V.A. (2022). Evaluation of selected forms of blue-berried honeysuckle (*Lonicera caeruleae* Rehd.) developed in the Altai Region. *Bulletin of the Altai State Agricultural University*, 7, 40-46. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-213-7-40-46>. (In Russian, English abstract).
28. Brickell, C.D., Alexander, C., Cubey, J.J., David, J.C., Hoffman, M.H.A., Leslie, A.C., Malécot, V., & Xiaobai, Jin. (2016). International code of nomenclature for cultivated plants. Ed. 9. *Scripta Horticulturae*, 18, 1-27. https://www.ishs.org/sites/default/files/static/ScriptaHorticulturae_18.pdf
29. Gürçan, K., Yılmaz, K.U., Tunç, Y., Yaman, M., Gunes, A., Yildiz, E., & Khadivi, A. (2024). Evaluation of genetic diversity in some hybrid individuals of honeyberry (*Lonicera caerulea* L.) based on fruit characteristics, leaf morphology, vitamin C, antioxidant activity, and biochemical

- and nutritional contents. *BMC Plant Biology*, 24, 1158. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05846-3>
30. Lauritzen, E., Black, B., & Maughan, T. (2015). *Haskap (Blue Honeysuckle) in the Garden*. Utah State University Extension. https://digitalcommons.usu.edu/extension_curall/752
 31. Naugzemys, D., Zilinskaitė, S., Skridaila, A., Kleizaitė, V., Patamsytė, J., & Zvingila, D. (2013). Genotyping and Assessment of Genetic Relationships among Cultivars, Genetic Lines and Species of *Lonicera* L. using RAPD. *Acta Horticulturae*, 976, 311-317. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.976.42>
 32. Razgonova, M.P., Nawaz, M.A., Rusakova, E.A., Sabitov, A.S., Tikhonova, N.G., & Golokhvast, K.S. (2025). Comparative Analysis of the Metabolomic Profile of Honeysuckle *Lonicera caerulea* L. from Four Eurasian Regions by Using HPLC-ESI-MS and ESI-MS/MS Analysis. *Molecules*, 30(18), 3761. <https://doi.org/10.3390/molecules3018376131>.
 33. Rupasinghe, H.P.V., Yu, J.L., Khushwant, S.B., Bhullar, S., & Bors, B. (2012). Haskap (*Lonicera caerulea*): A new berry crop with high antioxidant capacity. *Canadian Journal of Plant Science*, 92(7), 1311-1317. <https://doi.org/10.4141/cjps2012-073>

Авторы:

Лариса Владимировна Багмет, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела агроботаники и сохранения *in situ* ГПП, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР)», l.bagmet@vir.nw.ru
 ORCID: 0000-0003-0768-0056
 SPIN: 6573-4724

Елена Михайловна Чеботок, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», sadovodnauka@mail.ru
 ORCID 0000-0001-5942-6178
 SPIN: 3868-4846

Authors:


Larisa V. Bagmet, PhD in Biological Science, leading researcher, Department of agrobotany and *in situ* conservation of plant genetic resources, N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), l.bagmet@vir.nw.ru
 ORCID: 0000-0003-0768-0056
 SPIN: 6573-4724

Elena M. Chebotok, Candidate in Agricultural Sciences, Senior researcher in Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science, sadovodnauka@mail.ru
 ORCID 0000-0001-5942-6178
 SPIN: 3868-4846

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 634.72+631.52

Применение наночастиц металлов при размножении *Ribes atropurpureum* С.А. Мей. и её гибридов зелёными черенками

Б-Б.М. Чооду¹ , А.В. Локтева¹, А.Б. Горбунов¹¹ФГБУН Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, 630090, ул. Золотодолинская, д. 101, г. Новосибирск, Россия, botgard@csbg-nsk.ru

Аннотация

Красная смородина является одной из ключевых ягодных культур умеренной зоны, востребованная как в свежем виде, так и для переработки, благодаря стабильной урожайности и технологичности плодов. Ускорение внедрения новых сортов и гибридов требует эффективных и воспроизводимых методов вегетативного размножения, прежде всего зелёным черенкованием. Цель работы — оценить влияние наночастиц биогенного ферригидрита на укореняемость и качество корневой системы *Ribes atropurpureum* и её гибридов при зелёном черенковании. Биогенный ферригидрит был предварительно допирован кобальтом (Co) и кремнием (Si). Черенки обрабатывали раствором наночастиц с последующим укоренением на песчаном субстрате. Изучали окореняемость черенков, число и длину корней первого порядка. Обработка оказала разнонаправленный эффект, строго зависящий от генотипа. Для трудноукореняемого *R. atropurpureum* обработка наночастицами в концентрации 1 мг/л оказала стимулирующее действие: укореняемость повысилась с 50% (контроль) до 73,3% (Co), а также улучшились морфометрические показатели корневой системы и её ветвление. Напротив, для межвидовых гибридов с исходно высокой укореняемостью (86,7...100%) применение тех же наночастиц привело к снижению процента укоренения (до 73,3...76,7%) и ухудшению качества корневой системы. Наибольший отрицательный эффект у гибридов был связан с обработкой раствором наночастиц биогенного ферригидрита, допированного Co. Сделан вывод о перспективности предпосадочной обработки черенков наночастицами биогенного ферригидрита, допированные кобальтом и кремнием для интенсификации вегетативного размножения *R. atropurpureum* и её гибридов при обязательном учёте видовой и генотипической специфики реакции.

Ключевые слова: красная смородина, зелёное черенкование; наночастицы, укоренение, ризогенез

Application of metal nanoparticles in the propagation of *Ribes atropurpureum* C.A. Mey. and their hybrids using softwood cuttings

B-B.M Choodu¹ , A.V. Lokteva¹, A.B. Gorbunov¹¹Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 630090, Zolotodolinskaya st. 101, Novosibirsk, Russia, botgard@csbg-nsk.ru

Abstract

Red currants are one of the key berry crops in temperate zones, in demand both fresh and for processing thanks to their stable yield and technological properties. Accelerating the introduction of new varieties and hybrids requires effective and reproducible methods of vegetative propagation, primarily softwood cuttings. The aim of the study was to evaluate the effect of cobalt (Co) and silicon (Si) doped biogenic ferrihydrite nanoparticles on the rooting and root system quality of *Ribes*

atropurpureum and its hybrids during the propagation by softwood-cuttings. The cuttings were treated with a solution of nanoparticles and then rooted in a sandy substrate. The proportion of rooted cuttings, the number and length of first-order roots were studied. The treatment had a multidirectional effect, strictly dependent on the genotype. For the hard-to-root *R. atropurpureum*, treatment with nanoparticles at a concentration of 1 mg/l had a stimulating effect: rooting increased from 50% (control) to 73.3% (Co), as well as improved morphometric parameters of the root system and its branching. On the contrary, in interspecific hybrids with initially high rootability (86.7—100%), the use of the same nanoparticles led to a decrease in the percentage of rooting (to 73.3—76.7%) and a deterioration in the quality of the root system. The greatest negative effect in the hybrids was associated with treatment with a solution of biogenic ferrihydrite nanoparticles doped with cobalt. It was concluded that pre-planting treatment of cuttings with Co and Si nanoparticles is promising for intensifying the vegetative propagation of *R. atropurpureum* and its hybrids, taking into account the species and genotypic specificity of the reaction.

Key words: red currant, softwood cuttings; nanoparticles, rooting, rhizogenesis

Введение

Красная смородина – ценная ягодная культура в Сибири, которая в отличие от чёрной смородины возделывается в меньшем объеме, преимущественно распространена в приусадебном садоводстве. Промышленное возделывание ограничено (Коновалова, 1990; Креселюк, 1990; Поликарпова, Пилюгина, 1991; Сазонова, 2015; Атрощенко, Шеров-Игнатъев, 2017; Атрощенко, Голод, 2019; Столяров, 2018; Васильев, Гасымов, 2023). Многие используемые сорта созданы на основе европейских сортов, которые не обладают в достаточной мере адаптированностью к местным климатическим условиям. Они страдают от низких температур, их ритмы сезонного развития не соответствуют длительности вегетационного периода и теплообеспеченности для Сибири. Вместе с тем, в Сибири естественно произрастают несколько дикорастущих, устойчивых к местному климату, видов красной смородины. Это *Ribes atropurpureum* C.A. Meyer, *Ribes spicatum* E. Robson (*Ribes hispidulum* (Jancz.) Pojark.) *Ribes altissimum* (Jancz.) Turcz. ex Pojark. В ЦСБС СО РАН и других учреждения Сибири А.Б. Горбуновым, Т.А. Недовесовой (2020), В.Д. Федоровским (2001) О.Д. Голяевой (2020), В.Н. Сорокопудовым и Е.А. Мулькимовой (2003), проведены исследования по интродукции и селекции этих видов. Одним из наиболее перспективных объектов для интродукции и селекции в Сибири является *R. atropurpureum*. Данный вид встречается в черновой тайге, в горно-лесном поясе под пологом осиново-пихтового и кедрово-пихтового леса, в речных поймах и по руслам ручьев, сочетает ряд хозяйственно-ценных признаков: высокую урожайность, крупноплодность, длиннокистность, повышенное содержание антоцианов, пектинов и витамина С в ягодах, а также устойчивость к мучнистой росе, столбчатой ржавчине, махровости и почковому клещу. (Голяева, Панфилова, 2015). Однако, несмотря на эти преимущества и значительный природный полиморфизм, *R. atropurpureum* относится к трудноокореняемым видам.

В связи с этим в работе были изучены не только данный вид, но и его межвидовые гибриды. Гибрид *R. vulgare* × *R. atropurpureum* характеризуется высокой завязываемостью плодов, а гибриды *R. atropurpureum* × *R. hispidulum* и *R. hispidulum* × *R. atropurpureum* отличаются еще более высоким содержанием аскорбиновой кислоты по сравнению с родительской формой *R. atropurpureum* и гибридом *R. vulgare* × *R. atropurpureum* (Горбунов, Недовесова, 2020).

Размножение растений черенками является одним из ключевых методов вегетативного воспроизводства, широко применяется в современном садоводстве и питомниководстве. Опыты по черенкованию красной смородины проводились в различных учреждениях (Бопп,

Куприна, 2018; Павлова и др., 2018; Мистратова, 2020), было установлено, что при обработке черенков биопрепаратами в результате ускоряется процесс образования каллуса и увеличивается процент укоренения одревесневших черенков смородины (Никифоров, 2014). В экспериментах С.С. Савельева, О.С. Мишиной (2017) были использованы фиторегуляторы, среди которых препарат Циркон улучшал корнеобразовательную функцию у красной смородины по сравнению с контрольной группой обработанной только водой. В исследованиях С.Д. Расова, Т.В. Хуршайнена (2005) в качестве стимулятора сочетающего ризогенную и фунгицидную функции, был использован препарат А-1, полученный из растительного сырья. Авторы отмечают относительно низкую укореняемость красной смородины (83,3%; 63,3%) по сравнению с чёрной смородиной (90,0%; 66,7%). В современных исследованиях, например, в работе О.В. Ладыженской и др (2021), также подтверждена высокая эффективность комбинации препаратов на основе *Trichoderma viride* и *Pseudomonas fluorescens*, которая позволила повысить укореняемость черенков сортов (Голландская розовая и Ненаглядная) красной смородины до 77...80%. В то же время, как показано в исследовании Н.А. Фадеевой и др. (2021), применение традиционных регуляторов роста, таких как «Корневин» и «Гетероауксин», показывают высокую результативность, обеспечивая приживаемость черенков красной смородины на уровне 93...97%.

И.М. Морозова и А.М. Кандеранда (2016) показали, что обработка стеблевых черенков сортов 'Голландская красная', 'Ненаглядная' и 'Йонкер ван Тетс' стимуляторами (Экосил, Эпин, Корневин, ИУК) приводит к повышению степени укоренения, причём сортовые различия играли значительную роль: наибольшая укореняемость наблюдалась у сорта 'Голландская красная'. Аналогичные работы были проведены М.А. Атжиевой (2022) на тех же сортах, но с добавлением еще одного стимулятора – индолилуксусный эфир (ИУЭ), оказывающий сопоставимый эффект с другими стимуляторами.

В исследованиях А.Б. Горбунова и Т. Калуженковой (2007) было выявлено, что *R. atropurpureum* относится к трудноукореняющимся культурам. Наиболее результативным методом является зелёное черенкование, обеспечивающее до 60% укореняемости и формирование развитой корневой системы с ветвлением до V порядка. В контрольном варианте с обработкой водой укореняемость составила 48%. Среди регуляторов роста наибольший эффект дают гуминовое удобрение Теллура-М (1%) и органоминеральный препарат Артемия (1:1000), способствующие увеличению числа корней I...III порядков (Горбунов, Недовесова, 2020).

Исследования Н.А. Мистратовой (2020) подчёркивают важность подбора оптимальных субстратов и стимуляторов для повышения качества посадочного материала красной смородины. В условиях Красноярской лесостепи наибольшие показатели выхода стандартных саженцев обеспечивают комбинации органических субстратов с регуляторами корнеобразования.

Работы А.Ю. Павловой с соавторами (2018) и С.С. Савельева, О.С. Мишиной (2017) дополняют картину, указывая на значительный эффект фитогормонов в укоренении черенков разных видов рода *Ribes*, при этом эффективность зависит от фазы роста побегов и времени заготовки черенков.

Анализ литературных данных, представленный в обзоре Е.Н. Габибовой (2024), указывает, на то, что эффективность стимуляторов роста может существенно варьировать в зависимости от фазы вегетации и конкретного сорта, при этом в поздние сроки черенкования их применение становится технологически необходимым. Внедрение новых технологий в сельское хозяйство позволяет расширить возможности вегетативного размножения растений. Особое внимание уделяется наночастицам металлов,

применяемым в качестве компонентов стимуляторов укоренения. Их использование способствует активации ризогенеза и повышению качества посадочного материала.

Обзор Rico, C.M. et al (2011) показывает, что наночастицы (НЧ) способны проникать в ткани растений, участвовать в трансформациях и оказывать как стимулирующее, так и стрессовое воздействие. Наиболее активно изучаются НЧ TiO_2 , ZnO , Fe_3O_4 , Ag и Cu , среди которых наночастицы железа и цинка применяются в агробиотехнологии из-за доступности и биосовместимости.

Исследования, проведенные в Сибири, подтверждают эффективность применения НЧ биогенного ферригидрита (Feh) при размножении черенками. У чёрной смородины сортов 'Селеченская' и 'Лама' обработка ИУК в сочетании с НЧ Feh, допированным Co , обеспечивала до 100% укоренения и улучшенное развитие корневой системы, что согласуется с данным полученными при использовании наночастиц оксида цинка (40 мг/л), которые также способствовали 100% укоренению, увеличению количества корней на 33% и их суммарной длины на 44% (Сучкова, Астафурова, 2017; Мистратова и др., 2019; Кириченко, Захарцева, 2022). Подобные результаты получены и на черенках степной вишни. Использование Feh, допированного кобальтом или кремнием, повышало укореняемость на 22...25% по сравнению с контролем (Бопп, 2025).

У ивы Ледебурра было установлено, что НЧ Feh активизируют антиоксидантные ферменты, такие как Mn -супероксиддисмутаза, что связано с ускоренным корнеобразованием (Бопп и др., 2018). А при черенковании черемухи виргинской (*Padus virginiana*) наиболее высокие показатели укореняемости (до 90%) достигались при использовании Feh, допированного Co , особенно у трудноукореняемых сортов.

Применение наночастиц металлов, особенно в комплексе с фитогормонами, представляет собой эффективный подход для повышения укореняемости и качества саженцев. В данной работе мы использовали НЧ Feh, допированного Co и Si с целью для оценки их влияния на укореняемость *R. atropurpureum* и ее гибридов, несмотря на то, что гибриды обладают более высокой базовой укореняемостью, именно перспективные гибриды представляют наибольший интерес для интродукции и селекции в Западной Сибири в целях повышения эффективности их размножения и качества корневой системы под действием наночастиц, что критически важно для ускоренного внедрения в производство.

Материалы и методы

Опыт проведен в 2023...2024 гг. на экспериментальном участке лаборатории интродукции пищевых растений ЦСБС СО РАН (Новосибирск). Была изучена укореняемость зелёных черенков *R. atropurpureum* и ее гибридов *R. vulgare* × *R. atropurpureum*, *R. hispidulum* × *R. atropurpureum*, *R. atropurpureum* × *R. hispidulum*. Зелёные черенки нарезают с хорошо развитых однолетних приростов, длиной 15 см, оставляя 1...2 верхних листа. Нижний срез делают чистым ножом на расстоянии 0,3 см от почки. Для изучения влияния биогенного ферригидрита (Feh), допированного наночастицами кобальта (Co) и кремния (Si), черенки погружали в раствор с конечной концентрацией наночастиц 1 мг/л. Ферригидрит, допированный наночастицами, был получен по методике ФИЦ КНЦ СО РАН (Гуревич, Теремова, 2022). Мы остановились именно на этих 2 элементах поскольку в ряде работ выявили их наиболее стабильное и выраженное стимулирующее действие на ризогенез по сравнению с другими НЧ Feh, допированными другими металлами. (Мистратова и др., 2019; Локтева, Чооду, 2024; Бопп, 2025). В отличие от НЧ Feh, допированные Co и Si , НЧ Feh допированные Al , марганца (Mn) и др. оказывали негативное или разнонаправленное влияние. В качестве контрольного варианта использовали обработку дистиллированной водой, без применения стимуляторов корнеобразования. Данный подход выбран на

основании литературы, согласно которой черенки ряда видов смородины, в отличие от трудноукореняемых культур, способны успешно укореняться без фитогормонов, демонстрируя высокий процент укореняемости до 95% (Павлова и др., 2018). Для стабилизации коллоидного раствора использовали лимонную кислоту. Время экспозиции составляло 12 часов. Повторность 3-кратная, в каждом повторе высаживали по 30 черенков. Далее черенки высаживали в песчаный субстрат в парниковую теплицу с туманообразующей установкой. Схема посадки 10 × 10 см, черенки заглубляли под углом 45° на 10 см. В качестве контроля использовали дистиллированную воду. Осенью после окоренения (через 90 суток) подсчитывали процент укоренившихся черенков и параметры корневой системы. Учёт длины корней проводили с помощью линейки с точностью до 0,5 см, для чего черенок размещали на разметочной подложке со шкалой (1 см). Измеряли число и длину корней 1-го порядка, а также оценивали объем корней 2-го порядка, по условной шкале с градацией на 4 категории, где 0 – отсутствие корней, I – единичные корни, II – десять-двадцать корней, III – более двадцати корней.

Статистическую обработку выполняли в программе Microsoft Excel 2021. Публикация подготовлена с использованием материалов биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте» УНУ №УСУ 440534.

Результаты и их обсуждение

Была проведена оценка влияния НЧ Co и Si на укореняемость черенков *R. atropurpureum* и её гибридов (рисунок 1). Было установлено, что НЧ FeH, допированный Co и Si в концентрации 1 мг/л., оказывает выраженное влияние на укореняемость *R. atropurpureum*.



а – *R. atropurpureum*; б – *R. atropurpureum* × *R. hispidulum*; в – *R. vulgare* × *R. atropurpureum*
Рисунок 1 – *Ribes atropurpureum* и межвидовые гибриды

Так, в контроле при обработке зелёных черенков дистиллированной водой укореняемость составила 50%, при обработке раствором, содержащим НЧ FeH, допированный Co и Si, процент укореняемости возрастал до 73,3 и 63,3% соответственно. Кроме того, улучшилось качество корневой системы, средняя длина корней первого порядка в контроле составила 4,4 см, тогда как под влиянием НЧ FeH, допированный Co, она увеличилась до 5,5 см, а под влиянием Si увеличилась до 6,6 см. При этом число корней первого порядка существенно не изменилось по сравнению с контролем (таблица 1). Наиболее выраженное влияние наночастиц металлов мы наблюдали на корнях второго порядка. В контрольном варианте у черенков *R. atropurpureum* на корнях 1 порядка встречались единичные корни (менее 10 шт., I категория) 2 порядка у 43,5% укоренившихся черенков, у 23,9% черенков число корней 2 порядка на один корень 1 порядка составляло от 10 до 20 шт. (II категория), черенки с корнями первого порядка, на которых бы присутствовали корни второго порядка в числе более 20 шт. (III категория), отсутствовали. При этом 32,6% укоренившихся черенков вообще не имели корней 2 порядка (0 категория).

Таблица 1 – Средние показатели укореняемости и качества корневой системы черенков в зависимости от обработки наночастицами биогенного ферригидрита допированного кобальтом и кремнием за 2023...2024 гг.

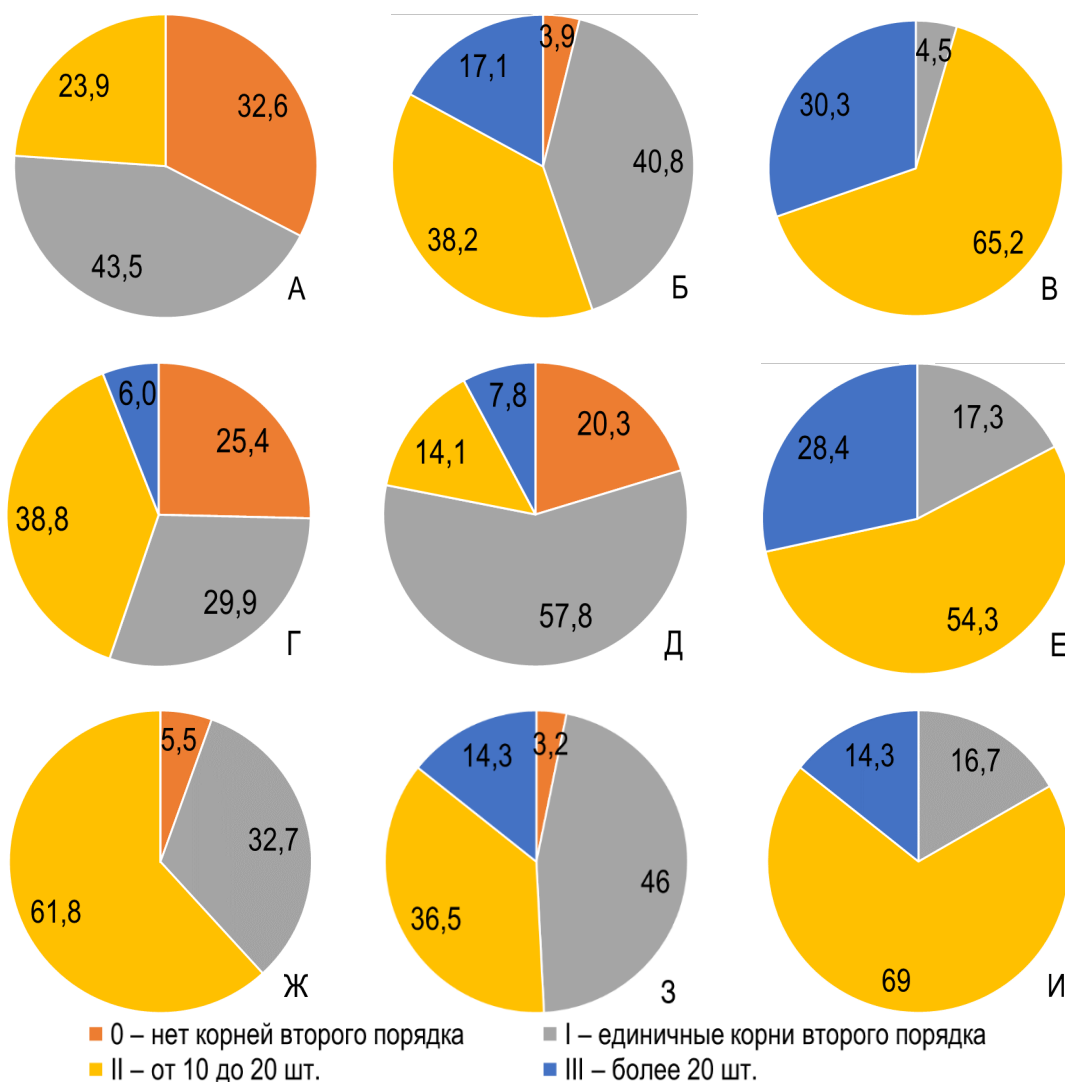
Название образца	Способ обработки	Укореняемость, %	Число корней, шт.	Длина корней, см		Р
				средняя	max-min	
<i>R. atropurpureum</i>	(контроль)	50,0	10,20±1,27	4,4±0,4	13,0-0,5	6,24
<i>R. atropurpureum</i> × <i>R. hispidulum</i>	(контроль)	86,7	12,9±0,80	5,0±0,2	16,0-1,0	2,95
<i>R. vulgare</i> × <i>R. atropurpureum</i>	(контроль)	100	30,65±1,58	6,9±0,1	25,0-0,5	2,13
<i>R. atropurpureum</i>	Feh + Co	73,3	12,30±0,73	5,5±0,3	20,0-0,5	6,29
<i>R. atropurpureum</i> × <i>R. hispidulum</i>	Feh + Co	76,7	15,80±1,02	4,4±0,2	14,0-0,5	4,34
<i>R. vulgare</i> × <i>R. atropurpureum</i>	Feh + Co	90,0	29,25±1,48	6,6±0,2	18,0-1,0	2,29
<i>R. atropurpureum</i>	Feh + Si	63,3	10,2±1,16	6,6±0,5	18,5-0,5	4,69
<i>R. atropurpureum</i> × <i>R. hispidulum</i>	Feh + Si	73,3	13,67±1,02	4,9±0,2	15,0-0,5	3,47
<i>R. vulgare</i> × <i>R. atropurpureum</i>	Feh + Si	96,7	29,88±1,53	6,8±0,2	20,0-1,0	2,24

В варианте с обработкой НЧ Feh, допированным Co, помимо увеличения процента укореняемости, возростала доля корней 1 порядка II и III категории до 38,8% и 6,0% соответственно, а доля корней 0 категории уменьшилась на 7,2%. При обработке НЧ Feh, допированного Si доля корней I категории составляла 32,7%, II категории — 61,8%, III категория отсутствовала, тогда как доля корней 0 категории уменьшилось на 27,1% по сравнению с контролем.

У гибридов *R. atropurpureum* × *R. hispidulum* и *R. vulgare* × *R. atropurpureum* укореняемость черенков в контрольных вариантах была значительно выше по сравнению с *R. atropurpureum*, 86,7 и 100% соответственно. У черенков, обработанных НЧ Feh, допированного Co, укореняемость снизилась до 76,7%, а у черенков обработанных НЧ Feh, допированного Si до 73,3%. При этом средняя длина корней 1 порядка практически не изменялась, но незначительно возрастало их число на 1 черенок. В этом варианте НЧ Feh, допированного Co оказали выраженное негативное влияние на качество корневой системы, уменьшилась доля корней II категории на 24,1% доля корней III категории на 9,3%, при этом доля корней 0 возростала с 3,9% до 20,3%. В варианте с НЧ Feh, допированного Si негативное влияние было значительно меньше по сравнению с НЧ Feh, допированного Co (таблица 1).

У гибрида *R. vulgare* × *R. atropurpureum* наблюдалось незначительное снижение укореняемости черенков в варианте обработки с НЧ Feh, допированного Co и Si по сравнению с контролем, укореняемость снизилась на 10 и 3,3% соответственно. При этом доля корней III категории в варианте обработки НЧ Feh, допированного Si уменьшилась с 30,3 до 14,3% по сравнению с контролем, а в варианте с НЧ Feh, допированного Co оставалась на уровне с контролем. При обработке НЧ Feh, допированного Co общее состояние корневой системы ухудшилось, уменьшилась доля корней II и III категории и соответственно возростала доля корней I категории до 17,3%. В случае с НЧ Feh, допированного Si в этом варианте у гибридов *R. vulgare* × *R. atropurpureum* общее качество корневой системы также ухудшилось. Особенно сильное негативное влияние НЧ Feh, допированного Si оказал на число корней III категории, их количество снизилось на 16% (рисунок 2).

В нашей предыдущей работе (Локтева, Чооду, 2024) была изучена укореняемость 2 видов и гибридов черёмухи, черенки *Padus avium* укореняется хорошо, а *Padus virginiana* практически не укореняются зелёным черенком. При этом гибриды наследовали хорошую способность к укоренению черенков.



А – *R. atropurpureum* + H₂O (контроль); Б – *R. atropurpureum* × *R. hispidulum* + H₂O (контроль); В – *R. vulgare* × *R. atropurpureum* + H₂O (контроль); Г – *R. atropurpureum* + FeH + Co; Д – *R. atropurpureum* × *R. hispidulum* + FeH + Co; Е – *R. vulgare* × *R. atropurpureum* + FeH + Co; Ж – *R. atropurpureum* + FeH + Si; З – *R. atropurpureum* × *R. hispidulum* + FeH + Si; И – *R. vulgare* × *R. atropurpureum* + FeH + Si
Рисунок 2 – Диаграммы распределения долей черенков в зависимости от числа корней второго порядка

В случае с *R. atropurpureum* мы наблюдаем схожую закономерность: черенки её гибрида с сортом *R. vulgare* `Красная Андрейченко` даже в контрольном варианте укоренялись на 100%, тогда как укореняемость *R. atropurpureum* была всего 50%. На примере черемухи было отмечено, что НЧ имеют разнонаправленное воздействие на укореняемость черенков: на трудноукореняемом сорте НЧ стимулировали укореняемость, а на сортах, которые хорошо укоренялись в контроле, НЧ оказывали угнетающее влияние. Наибольший положительный эффект наблюдался в варианте с обработкой НЧ FeH, допированный Co (рисунки 3...5).

В работе по изучению укореняемости чёрной смородины с использованием НЧ биогенного ферригидрита, допированного Co+ИУК (Мистратова, 2020) наблюдались схожие закономерности, выявленные при изучении укореняемости черенков черемухи (Локтева, Чооду, 2024).



Рисунок 3 – Окоренившиеся черенки *R. atropurpureum* обработанных НЧ Feh допированного: а – Co; б – Si; в – контроль



Рисунок 4 – Окоренившиеся черенки *R. atropurpureum* x *R. hispidulum* обработанных НЧ Feh, допированного а – Co; б – Si; в – контроль



Рисунок 5 – Окоренившиеся черенки *R. vulgare* x *R. atropurpureum* обработанных НЧ Feh, допированного: а – Co; б – Si; в – контроль

Здесь также черенки, обработанные НЧ FeH, допированным Co, показали достоверно более высокий процент укореняемости и более высокое качество корневой системы. На примере вишни степной также лучшие результаты были получены при использовании НЧ FeH, допированного Co и Si (Бопп, 2025).

Эффективность применения наночастиц подтверждена также в работах (на чёрной смородине, где наибольший эффект стимуляции был достигнут с НЧ FeH, допированного Co, что согласуется с нашими наблюдениями (Кириченко, Захарцева, 2022).

Сходные закономерности были зафиксированы и в работах, посвящённых укоренению черенков вишни (Бопп, 2025), винограда (Kara et al., 2025) и жимолости Бопп, 2024).

В то же время, в исследовании В.Л. Бопп (2024) сообщается о снижении процента укореняемости при использовании НЧ FeH, допированного Co при обработке черенков жимолости, что, вероятно, свидетельствует о разнонаправленном влиянии НЧ FeH, допированного Co в зависимости от генотипа. Однако, несмотря на снижение процента укореняемости у черенков, обработанных раствором ИУК с FeH в чистом виде и допированным Mn и Co, было отмечено увеличение общего числа корней.

Положительное влияние наночастиц на укореняемость черенков, показанное в настоящем исследовании, согласуется с результатами применения НЧ FeH, допированного другими металлами, в частности серебром (Kara et al., 2025) и алюминия (Кириченко, Захарцева, 2022).

Заключение

Предварительная обработка зелёных черенков *Ribes atropurpureum* раствором наночастиц биогенного ферригидрита (Feh), допированного Co и Si в концентрации 1 мг/л, оказалась эффективным средством для трудноукореняемого вида и качества корневой системы. У данного вида укореняемость возросла с 50% (контроль) до 73,3% (Co) и 63,3 (Si), средняя длина корней первого порядка с 4,4 см. до 5,5 см (Co) и 6,6 см (Si), при неизменном числе корней первого порядка. Наиболее заметные изменения затронули ветвление: снизилась доля черенков без корней второго порядка (0-категория) на 7,2% с Co и на 27,1% с Si. При обработке НЧ FeH, допированного Co, дополнительно появилась III категория (6%) с более чем 20 корнями второго порядка.

Для межвидовых гибридов на фоне высокой базовой укореняемости (86,7...100%, контроль) обработка НЧ FeH, приводила к ее снижению (до 73,3...76,7%) и к ухудшению качества корневой системы: при действии Co уменьшилась доля корней II и III категории на 24,1% и 9,3% соответственно, возрастала доля 0-категории с 3,9 до 20,3%. У гибрида *R. vulgare* × *R. atropurpureum* при обработке Si доля III-категории снижалась с 30,3 до 14,3%. Под воздействием НЧ FeH, допированного Co, наблюдалось общее смещение в сторону более низких категорий качества (рост I категории до 17,3%). В целом отрицательный эффект у гибридов был более выражен с Co, тогда как Si проявлял мягко выраженное, но все же негативное действие на качественные показатели корнеобразования.

Таким образом, эффект наночастиц носит ярко выраженный генотипический и специфический характер и зависит от исходной способности к укоренению: у трудноукореняющихся генотипов (*R. atropurpureum*) НЧ FeH, допированного Co и Si (1 мг/л) целесообразны для повышения укореняемости и усиления ветвления корней второго порядка; у легкоукореняющихся гибридов их применение не рекомендуется без предварительной оптимизации, поскольку возможно снижение как укореняемости, так и качества корневой системы. На практике это означает, что обработка черенков НЧ FeH, допированного Co и Si может быть включена в технологию вегетативного размножения *R. atropurpureum* как эффективный способ повышения качества укоренившихся черенков,

тогда как для гибридных форм требуется индивидуальный подбор условий. Перспективные направления дальнейших исследований: 1) оценка реакции в зависимости от дозы и длительности экспозиции каждого генотипа; 2) сравнение носителей и типов наночастиц; , а также изучение физиологических механизмов их воздействия; 3) изучение долговременной выживаемости, устойчивости и продуктивности укоренённых растений с оценкой возможной фитотоксичности и экологических рисков.

Финансирование

Исследование осуществлено в соответствии с государственным заданием ЦСБС СО РАН по проекту АААА-А21-121011290027-6 «Теоретические и прикладные аспекты изучения генофондов природных популяций растений и сохранения растительного разнообразия вне типичной среды обитания (*ex situ*)».

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Атрощенко Г.П., Шеров-Игнатьев П.В. Оценка сортов красной смородины для возделывания в Ленинградской // Вестник Студенческого научного общества. 2017. 8, 1. 129-131. <https://elibrary.ru/xmiarv>
2. Атрощенко Г.П., Голод Т.А. Оценка сортов смородины красной для селекции и практики на Северо-Западе РФ // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. 54. 11-15. <https://elibrary.ru/aqnich>
3. Атжыева М.А. Влияние стимуляторов роста на укоренение некоторых сортов рода *Ribes* // Молодость. Интеллект. Инициатива: материалы конференции. Витебск: Витебский государственный университет им. П.М. Машерова, 2022. 28-29. <https://www.elibrary.ru/mrxmgk>
4. Бопп В.Л. Влияние наночастиц биогенного ферригидрита на окореняемость зеленых черенков жимолости // Состояние и проблемы сельскохозяйственной науки в Приенисейской Сибири: материалы конференции. Красноярск: Красноярский научный центр СО РАН, 2024. 151-155. https://doi.org/10.52686/9785605087908_151
5. Бопп В.Л. Наночастицы биогенного ферригидрита в технологии зеленого черенкования вишни степной // Аграрный научный журнал. 2025. 1. 17-23. <https://doi.org/10.28983/asj.y2025i1pp17-23>
6. Бопп В.Л., Куприна М.Н. Научные основы размножения смородины красной и облепихи одревесневшими черенками в условиях лесостепи Красноярского края. Красноярск: Красноярский ГАУ, 2018. 168. <https://www.elibrary.ru/yuazhf>
7. Бопп В.Л., Мистратова Н.А., Петраковская Э.А., Гуревич Ю.Л., Теремова М.И., Хлебопрос Р.Г. Влияние наночастиц биогенного ферригидрита на окоренение одревесневших черенков ивы Ледебуря // Биофизика. 2018. 63, 4. 786-794. <https://doi.org/10.1134/S0006302918040154>
8. Васильев А.А., Гасымов Ф.М. Экологическая оценка перспективных сортов красной смородины в условиях Челябинской области // Агропродовольственная политика России. 2023. 5-6. 42-48. <https://elibrary.ru/vfaioz>
9. Габиева Е.Н. Размножение смородины зелеными черенками // Актуальные проблемы технических и естественных наук в России и за рубежом. М.: Наука и социум, 2024. 115-117. <https://www.elibrary.ru/lopouh>

10. Голяева О.Д. Интродукция орловских сортов смородины красной в Западно-Сибирский регион // Аграрный вестник Урала. 2020. 1. 35-42. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-192-1-35-42>
11. Голяева О.Д., Панфилова О.В. Создание источников и доноров хозяйственно-ценных признаков смородины красной // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2015. 6. 29-36. <https://www.elibrary.ru/vskhlr>
12. Горбунов А.Б., Недовесова Т.А. Сравнительная эффективность регуляторов роста при укоренении зелёных черенков *Ribes atropurpureum* (Gossulariaceae) // Растительный мир Азиатской России. 2020. 2. 44-47. <https://www.elibrary.ru/mmetjw>
13. Гуревич Ю.Л., Теремова М.И. Патент № 2767952. Способ получения наночастиц биогенного ферригидрита. 2022. <https://www.elibrary.ru/mwjlig>
14. Кириченко Н.А., Захарцева М.В. Действие ауксинов и растворов наночастиц на окоренение одревесневших черенков *Ribes nigrum* L // Студенческая наука: материалы конференции. Красноярск: Красноярский ГАУ, 2022. 29-32. <https://www.elibrary.ru/lhoijg>
15. Коновалова М.Г. Сортоизучение и селекция красной смородины // Товарное ягодоводство: организации, технологии, сортимент: материалы конференции. Бердск: ВАСХНИЛ, 1990. 90-94.
16. Креселюк Г.С. Биологические особенности формирования урожая сортов красной смородины в условиях западной лесостепи УССР // Состояние и перспективы развития ягодоводства в СССР. Мичуринск: ВНИИС., 1990. 55. 115-117.
17. Ладыженская О.В., Аниськина Т.С., Крючкова В.А. Сравнительный анализ влияния комбинаций биопрепаратов на укореняемость черенков смородины красной (*Ribes rubrum* L.) // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. 12-2. 71-75. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.114.12.045>
18. Локтева А.В., Чооду Б-Б.М. Укоренение черемухи зеленым черенком в зависимости от индуктора ризогенеза // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. 54, 11. 39-48. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-11-4>
19. Мистратова Н.А., Гуревич Ю.Л., Теремова М.И., Колесник А.А. Опыт использования наночастиц гидроксида железа при размножении *Ribes nigrum* L. зелеными черенками // Вестник КрасГАУ. 2019. 11. 16-23. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2019-11-16-23>
20. Мистратова Н.А. Ризогенез одревесневших черенков смородины красной в зависимости от используемых стимуляторов роста // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: материалы конференции. Красноярск: Красноярский ГАУ, 2020. 2. 289-291. <https://www.elibrary.ru/xymvfy>
21. Морозова И.М., Кандеранда А.М. Использование некоторых стимуляторов роста при вегетативном размножении смородины красной *Ribes rubrum* L // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. 2016. 1(90). 62-67. <https://www.elibrary.ru/vrrdrf>
22. Никифоров С.В. Влияние биопрепаратов на укоренение одревесневших черенков смородины // Плодоводство и ягодоводство России. 2014. 38, 2. 28-33. <https://www.elibrary.ru/rtriot>
23. Павлова А.Ю., Джура Н.Ю., Туть Е.А. Некоторые особенности размножения чёрной и красной смородины зелёными черенками в ограниченном объёме субстрата // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. 2018. 25. 19-21. <https://www.elibrary.ru/vpezue>
24. Поликарпова Ф.Я., Пилюгина В.В. Выращивание посадочного материала зеленым черенкованием. М.: Росагропромиздат, 1991. 97.

25. Расова С.Д., Хуршайнен Т.В. Влияние биологически активного препарата А-1 на укоренение черенков черной и красной смородины // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2005. 6. 47-49. <https://www.elibrary.ru/kvtotl>
26. Савельев С.С., Мишина О.С. Оценка эффективности использования фитогормонов для улучшения показателей роста и развития плодово-ягодных культур // Студенческая наука Подмосквю: материалы конференции. Орехово-Зуево: Государственный гуманитарно-технологический университет. 2017. 563-565. <https://www.elibrary.ru/zecaxp>
27. Сазонова И.Д. Оценка сортов смородины красной по химическому составу плодов и качеству замороженной продукции // Вестник Брянской ГСХА. 2015. 4. 8-10. <https://elibrary.ru/uihskl>
28. Сорокопудов В.Н., Мелькумова Е.А. Биологические особенности смородины и крыжовника при интродукции. Новосибирск: РАСХН, 2003. 296. <https://www.elibrary.ru/umaqoh>
29. Столяров М.Е. Оценка экономической эффективности использования сортов красной и чёрной смородины селекции ВНИИСПК // Вестник ОрелГИЭТ. 2018. 2(44). 11-15. <https://elibrary.ru/rzfzst>
30. Сучкова С.А., Астафурова Т.П. Морфологические изменения в черенках смородины черной под влиянием наночастиц оксида цинка // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2017. 13. 312-314. <https://www.elibrary.ru/ypspwp>
31. Фадеева Н.А., Шипцова Н.В., Захарова Н.Г. Использование стимуляторов роста в питомниководстве ягодных культур // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. 4. 21-26. <https://www.elibrary.ru/zyuulb>
32. Федоровский В.Д. *Ribes spicatum* Robson – смородина колосистая (систематика, география, изменчивость, интродукция). Киев: Фитосоцицентр, 2001. 204.
33. Rico, C.M., Majumdar S., Duarte M., Peralta J.R., Gardea J.L. Interaction of Nanoparticles with Edible Plants and Their Possible Implications in the Food Chain // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2011. 59. 3485-3498. <http://dx.doi.org/10.1021/jf104517j>
34. Gorbunov A.B., Koluzhenkova T. Vegetative propagation of *Ribes atropurpureum* C.A.Meyer // Acta Horticulturae et Regiotecturae. 2007. 10. 68-72.
35. Kara Z., Koç D., Doğan O., Yılmaz T. Effects of Nano Silver Particles Applications on Rooting of Grapevine Cuttings // Phyton-International Journal of Experimental Botany. 2025. 94, 6. 1827-1840. <https://doi.org/10.32604/phyton.2025.065702>

References

1. Atroschenko, G.P., & Sherov-Ignatiev, P.V. (2017). Evaluation of red currant varieties for cultivation in the Leningrad region. *Bulletin of the Student Scientific Society*, 8(1), 129-131. <https://elibrary.ru/xmiarv>. (In Russian).
2. Atroschenko, G.P., & Golod, T.A. (2019). Evaluation of red currant varieties for breeding and practice in the North-West of the Russian Federation. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, 54, 11-15. <https://elibrary.ru/aqnich>. (In Russian).
3. Atzhyeva, M.A. (2022). The effect of growth stimulants on the rooting of some varieties of the genus *Ribes* In *Youth. Intelligence. Initiative: conference proceedings* (pp. 28-29). P.M. Masherov Vitebsk State University. <https://www.elibrary.ru/mrxmgk>. (In Russian).
4. Bopp, V.L. (2024). Influence of biogenic ferrihydrite nanoparticles on the rooting of green honeysuckle cuttings In *State and Problems of Agricultural Science in the Yenisei Siberia Region: conference proceedings* (pp. 151-155). Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. https://doi.org/10.52686/9785605087908_151. (In Russian, English abstract).

5. Bopp, V.L. (2025). Nanoparticles of biogenic ferrihydrite in the technology of green cuttings of steppe cherry. *The Agrarian Scientific Journal*, 1, 17-23. <https://doi.org/10.28983/asj.y2025i1pp17-23>. (In Russian, English abstract).
6. Bopp, V.L., & Kuprina, M.N. (2018). *Scientific Basis for the Propagation of Red Currants and Sea Buckthorn by Woody Cuttings in the Forest-Steppe Conditions of the Krasnoyarsk Territory*. <https://www.elibrary.ru/yuazhf>. (In Russian).
7. Bopp, V.L., Mistratova, N.A., Petrakovskaya, E.A., Gurevich, Yu.L., Teremova, M.I., & Khlebopros, R.G. (2018). The influence of nanoparticles of biogenic ferrihydrite on the rooting of lignified cuttings of the Ledebour willow. *Biophysics*, 63(4), 786-794. <https://doi.org/10.1134/S0006302918040154>. (In Russian, English abstract).
8. Vasiliev, A.A., & Gasimov, F.M. (2023). Ecological assessment of promising red currant varieties in the conditions of the Chelyabinsk region. *Agro-Food Policy in Russia*, 5-6, 42-48. <https://elibrary.ru/vfaioz>. (In Russian, English abstract).
9. Gabibova, E.N. (2024). Propagation of currants by green cuttings. In *Current Problems of Technical and Natural Sciences in Russia and Abroad* (pp. 115-117). Science and Society. <https://www.elibrary.ru/lopouh>. (In Russian, English abstract).
10. Golyaeva, O.D. (2020). Introduction of Orel red currant varieties into the West-Siberian region. *Agrarian Bulletin of The Urals*, 1, 35-42. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-192-1-35-42>. (In Russian, English abstract).
11. Golyaeva, O.D., & Panfilova, O.V. (2015). Creation of sources and donors of economically valuable red currants traits. *Vestnik OrelGAU*, 6, 29-36. <https://www.elibrary.ru/vskhlr>. (In Russian, English abstract).
12. Gorbunov, A.B., & Nedovesova, T.A. (2020). Comparative effectiveness of growth regulators in rooting green cuttings of *Ribes atropurpureum* (Grossulariaceae). *Rastitel'nyj Mir Aziatskoj Rossii*, 2, 44-47. <https://www.elibrary.ru/mmetjw>. (In Russian, English abstract).
13. Gurevich, Yu.L., & Teremova, M.I. (2022). *Method of Producing Ferrihydrite Nanoparticles* (Patent No 2767952). <https://www.elibrary.ru/mwjlig>. (In Russian, English abstract).
14. Kirichenko, N.A., & Zakharceva, M.V. (2022). Effect of auxins and solutions of nanoparticles on rooting of lightened cuttings of *Ribes nigrum* L. In *Student Science – a Look Into the Future: conference proceedings* (pp. 29-32). Krasnoyarsk State Agrarian University, 2022. 1. 29-32. <https://www.elibrary.ru/lhoijg>. (In Russian, English abstract).
15. Konovalova, M.G. (1990). Variety study and selection of red currants. In *Commercial Berry Growing: Organization. Technologies, Assortment* (pp 90-94). VASKhNIL. (In Russian).
16. Kreselyuk, G.S. (1990). Biological features of red currant variety yield formation in the western forest-steppe of the Ukrainian SSR. In *Status and Prospects for the Development of Berry Growing in the USSR*. (pp. 115-117). VNIIS. (In Russian).
17. Ladyzhenskaya, O.V., Aniskina, T.S., & Kryuchkova, V.A. (2021). A comparative analysis of the effect of combinations of biological preparations on the rooting ability of redcurrant cuttings (*Ribes rubrum* L.). *International Research Journal*, 12-2, 71-75. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.114.12.045>. (In Russian, English abstract).
18. Lokteva, A.V., & Choodu, B-B.M. (2024). Rooting of bird cherry green cuttings depending on the rhizogenesis inducer. *Siberian Herald of Agricultural Science*, 54(11), 39-48. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-11-4>. (In Russian, English abstract).
19. Mistratova, N.A., Gurevich, Yu.L., Teremova, M.I., & Kolesnik, A.A. (2019). The experience of using iron hydroxide nanoparticles while reproducing *Ribes nigrum* L. by green shanks. *Vestnik KrasGAU*, 11, 16-23. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2019-11-16-23>. (In Russian, English abstract).

20. Mistratova, N.A. (2020). Rhygenesis of lambured red currant smalls depending on the growth stimulants used. In *Science and Education: Experience, Problems, Prospects for Development: conference proceedings* (pp. 289-291). Krasnoyarsk State Agrarian University. <https://www.elibrary.ru/xymvfy>. (In Russian, English abstract).
21. Morozova, I.M., & Kanderanda, A.M. (2016). Application of growth promoters while vegetative breeding of red currants *Ribes rubrum* L. *Vestnik Vitebsk State University*, 1, 62-67. <https://www.elibrary.ru/vrrdrt>. (In Russian, English abstract).
22. Nikiforov, S.V. (2014). The effect of biological products on the rooting of woody currant cuttings. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*, 38(2), 28-33. <https://www.elibrary.ru/rriot>. (In Russian, English abstract).
23. Pavlova, A.Yu., Dzhura, N.Yu., & Tut, E.A. (2018). On some reproduction features of black and red currants with green cuttings in a limited amount of substrate. *Bulletin of the Katanov Khakass State University*, 25, 19-21. <https://www.elibrary.ru/vpezue>. (In Russian, English abstract).
24. Polikarpova, F.Ya., & Pilyugina, V.V. (1991). *Growing Planting Material by Green Cuttings*. Rosagropromizdat. (In Russian).
25. Rasova, S.D., & Khurshkainen, T.V. (2005). The effect of the biologically active preparation A-1 on the rooting of black and red currant cuttings. *Agricultural Science Euro-North-East*, 6, 47-49. <https://www.elibrary.ru/kvtotl>. (In Russian).
26. Saveliev, S.S., & Mishina, O.S. (2017). Assessment of the effectiveness of using phytohormones to improve the growth and development of fruit and berry crops. In *Student Science in the Moscow Region: conference proceedings* (pp. 563-565). State University of Humanities and Technology. <https://www.elibrary.ru/zecaxp>. (In Russian).
27. Sazonova, I.D. (2015). Evaluation of red currant varieties by the chemical composition of fruits and the quality of frozen products. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*, 4, 8-10. <https://elibrary.ru/uihskl>. (In Russian).
28. Sorokopudov, V.N., & Melkumova, E.A. (2003). Biological Characteristics of Currants and Gooseberries During Introduction. Russian Academy of Agricultural Sciences. <https://www.elibrary.ru/umaqoh>. (In Russian).
29. Stolyarov, M.E. (2018). Economic efficiency estimation of use of the grades of red and black currant of VNIISPK (Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding) selection. *OreIGIET Bulletin*, 2, 11-15. <https://elibrary.ru/rzfzst>
30. Suchkova, S.A., & Astafurova, T.P. (2017). Morphological changes in black currant cuttings under the influence of zinc oxide nanoparticles. *New and Non-Traditional Plants and Prospects for their Use*, S13, 312-314. <https://www.elibrary.ru/ypspwp>. (In Russian).
31. Fadeeva, N.A., Shiptsova, N.V., & Zakharova, N.G. (2021). Use of growth stimulants in berry crops nursery. *Vestnik Chuvash State Agricultural Academy*, 4, 21-26. <https://www.elibrary.ru/zyuulb>. (In Russian, English abstract).
32. Fedorovsky, V.D. (2001). *Ribes spicatum* Robson – *Spiked Currant* (Systematics, Geography, Variability, Introduction). Phytosociocenter. (In Russian).
33. Rico, C.M., Majumdar, S., Duarte, M., Peralta, J.R., & Gardea, J.L. (2011) Interaction of Nanoparticles with Edible Plants and Their Possible Implications in the Food Chain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 3485-3498. <http://dx.doi.org/10.1021/jf104517j>
34. Gorbunov, A.B., & Koluzhenkova, T. (2007). Vegetative propagation of *Ribes atropurpureum* C.A. Meyer. *Acta Horticulturae et Regiotecturae*, 10, 68-72.
35. Kara, Z., Koç, D., Doğan, O., & Yılmaz, T. (2025). Effects of Nano Silver Particles Applications on Rooting of Grapevine Cuttings. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 94(6), 1827-1840. <https://doi.org/10.32604/phyton.2025.065702>

Авторы:

Байыр-Белек Мергенович Чооду, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории интродукции пищевых растений, ФГБУН «Центральный сибирский ботанический сад СО РАН», baiyr_94@mail.ru
ORCID: 0000-0003-0493-9798
SPIN: 3299-6466

Анна Владимировна Локтева, к.б.н., научный сотрудник лаборатории интродукции пищевых растений, ФГБУН «Центральный сибирский ботанический сад СО РАН», lokteva30@mail.ru
SPIN: 2968-4299

Алексей Борисович Горбунов, к.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории интродукции пищевых растений, ФГБУН «Центральный сибирский ботанический сад СО РАН», alex_gordunov22@mail.ru
SPIN: 9026-1530

Authors:

Baiyr-Belek M. Choodu, PhD student, junior researcher at the Laboratory for the Introduction of Food Plants in Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (CSBG SB RAS), baiyr_94@mail.ru
ORCID: 0000-0003-0493-9798
SPIN: 3299-6466

Anna V. Lokteva, Candidate of Science in Biology, Researcher in Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (CSBG SB RAS), lokteva30@mail.ru
SPIN: 2968-4299

Aleksey B. Gorbunov, Candidate of Science in Biology, Researcher in Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (CSBG SB RAS), alex_gordunov22@mail.ru
SPIN: 9026-1530

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 634.75: 57.085.23:57.085.1

Влияние регуляторов роста растений и способа вегетативного размножения на генеративную продуктивность растений – регенерантов земляники садовойЕ.В. Амброс¹ 

¹ФГБУН Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, ул. Золотодолинская, 101, г. Новосибирск, Россия, botgard@csbg-nsk.ru

Аннотация

Актуальность исследования обусловлена необходимостью оптимизации технологии клонального микроразмножения *Fragaria* × *ananassa* для получения качественного посадочного материала с высокой продуктивностью и сохранением сортовой идентичности. В работе изучено влияние цитокининов (6-бензиламинопурина и тидиазулона) на генеративную продуктивность растений-регенерантов сортов Солнечная полянка и Альфа в течение двух лет культивирования *in vivo*. Клональное микроразмножение способствовало ускоренному вступлению растений-регенерантов в генеративную фазу развития по сравнению с растениями, размноженными традиционным способом, обеспечивая плодоношение уже в первый год культивирования. Отмечено различное влияние регуляторов роста на компоненты генеративной продуктивности у исследуемых сортов: тидиазурон увеличивал количество плодов у сорта Солнечная полянка, а 6-бензиламинопурин – у сорта Альфа. Эффект регуляторов роста ослабевал на второй год, а их влияние на массу плодов также зависело от генотипа. У сорта Солнечная полянка 6-бензиламинопурин увеличивал массу плодов 1...2 порядка, в то время как у сорта Альфа тидиазурон, увеличивая массу плодов, снижал их общее количество. Разработка эффективных протоколов клонального микроразмножения земляники садовой требует индивидуального подхода к каждому сорту с учетом генотипических особенностей для достижения максимальной продуктивности и сохранения сортовой идентичности.

Ключевые слова: земляника садовая, дочерние розетки, клональное микроразмножение, регуляторы роста, *in vivo*, генеративная продуктивность

Influence of plant growth regulators and method of vegetative propagation on the generative productivity of garden strawberry plantletsE.V. Ambros¹ 

¹Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 630090, Zolotodolinskaya str., 101, Novosibirsk, Russia, botgard@csbg-nsk.ru

Abstract

The relevance of the study stems from the need to optimize the technology of clonal micropropagation *Fragaria* × *ananassa* to obtain high-quality planting material with high productivity and preservation of varietal identity. The study investigated the influence of cytokinins (6-benzylaminopurine and thidiazuron) on the generative productivity of the plantlets of the cvs. Solnechnaya Polyanka and Alfa during two years of *in vivo* conditions. Clonal micropropagation contributed to the accelerated entry of the plantlets into the generative phase of development compared to plants propagated using the traditional method, ensuring fruiting already in the first year of cultivation. The impact of growth regulators on the components of generative productivity in the studied cultivars varied: thidiazuron increased the number of fruits in the cv. Solnechnaya

Polyanka, and 6-benzylaminopurine increased it in the cv. Alpha. The effect of growth regulators decreased by the second year, and their effect on fruit weight also depended on genotype. In the cv. Solnechnaya Polyanka, 6-benzylaminopurine increased the weight of fruits of the 1st and 2nd order, while in the cv. Alpha, thidiazuron, increasing the weight of fruits, reduced their total number. The development of effective protocols for clonal micropropagation of garden strawberry requires an individualized approach to each cultivar, taking into account the genotypic characteristics to achieve maximum productivity and maintain varietal identity.

Key words: *Fragaria* × *ananassa*, daughter rosettes, clonal micropropagation, growth regulators, *in vivo*, generative productivity

Введение

Производство высококачественного посадочного материала является приоритетной задачей современного садоводства (Hernández-Martínez et al., 2023). В качестве альтернативы традиционным методам размножения ценных генотипов используется клональное микроразмножение, позволяющее получать вегетативное потомство трудно размножаемых видов и форм. К преимуществам размножения *in vitro* относится возможность массового производства посадочного материала, свободного от патогенной микрофлоры (Hasnain et al., 2022).

Земляника садовая (*Fragaria* × *ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier) представляет собой широко культивируемый вид ягодных культур, характеризующийся скороплодностью, высокой экономической эффективностью, богатым биохимическим составом, ценными пищевыми и диетическими свойствами плодов, а также высоким адаптивным потенциалом. В системе производства посадочного материала земляники широко применяется клональное микроразмножение. Известно, что включение методов *in vitro* в технологию производства посадочного материала перспективных сортов земляники повышает рентабельность производства по сравнению с традиционными методами примерно в 1,5 раза (Беликова и др., 2011). В настоящее время накоплен значительный объем данных по культивированию земляники садовой в условиях *in vitro*. Реализация морфогенетического потенциала *F.* × *ananassa in vitro* определяется генотипом, типом экспланта, составом питательной среды и концентрацией экзогенных регуляторов роста (Boxus, 1974; Mir et al., 2010; Munir et al., 2015; Palei et al., 2015; Cappelletti et al., 2016; Jhajhra et al., 2018; Mir et al., 2019; Rukh et al., 2023; Popescu et al., 1997; Biswas et al., 2009; Karim et al., 2015; Rajan, Singh, 2021).

Среди регуляторов роста эффективными индукторами органогенеза у эксплантов с уже существующими меристемами являются цитокинины (Smeringa et al., 2023). Цитокинины позволяют снять эффект апикального доминирования и добиться пролиферации побегов за счет активации пазушных меристем. Цитокинины определяют коэффициент размножения, высоту побегов, а также частоту возникновения генетических вариаций. Сохранение исходных признаков микроклонов является одной из основных задач биотехнологии (Manchanda et al., 2025). В связи с этим при клональном микроразмножении растений необходимо при одновременном увеличении коэффициента размножения минимизировать вероятность появления генетической variability.

Наиболее часто используемым цитокинином при микроразмножении земляники садовой является 6-бензиламинопурин. Определены его оптимальные концентрации, а также изучен механизм действия. Оптимальный диапазон концентраций 6-бензиламинопурина для исследуемых нами сортов земляники, составляет от 2,0 до 3,3 мкМ/л и позволяет получать в среднем по 5...7 микропобегов на эксплант (Амброс и др., 2017). С целью оптимизации технологии клонального микроразмножения ведется поиск цитокининов, повышающих

меристематическую активность клеток и пролиферацию побегов. В последние годы в качестве эффективного триггера органогенеза изучается синтетический регулятор роста – тидиазурон. Обнаружено, что тидиазурон обладает мощной цитокинин-подобной активностью. В наших исследованиях тидиазурон, по сравнению с цитокининами аминокислотного ряда, при более низких концентрациях (от 0,05 до 0,1 мкМ/л) способствует пазушному побегообразованию, позволяя получить в среднем 13...15 микропобегов на эксплант (неопубликованные данные). Нами показано, что эффект снятия апикального доминирования и закладка пазушных почек сохранялись в течение последующих субкультивирований регенерантов на безгормональных средах. Предполагается, что стимуляция развития побегов может быть связана со способностью тидиазурана изменять метаболизм эндогенных цитокининов, увеличивая накопление пурина в тканях растений, а также ингибируя действие цитокиноксидазы (Murthy et al., 1998). Учитывая, что тидиазурон значительно усиливает способность клеток к пролиферации, дальнейшее изучение его влияния на сортовые признаки растений-регенерантов земляники представляет собой важное направление исследований. Кроме того, в настоящее время существует дефицит комплексных исследований, посвященных влиянию способа вегетативного размножения (клонального микроразмножения и традиционного) и регуляторов роста, применяемых *in vitro*, на генеративную продуктивность растений земляники садовой в условиях *in vivo*.

В связи с этим, оценка стабильности сортовых признаков у растений-регенерантов земляники садовой относится к важным направлениям исследований. Целью данной работы является определение влияния способа размножения (клонального микроразмножения и традиционного) и регуляторов роста цитокининового ряда (6-бензиламинопурина и тидиазурана), применяемых при микроразмножении, на генеративную продуктивность растений-регенерантов земляники садовой сортов Солнечная полянка и Альфа в условиях *in vivo*.

Материалы и методы

В качестве объектов для исследования использовали сорта земляники садовой – Альфа (ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий» Отдел «Научно-исследовательский институт садоводства Сибири имени М.А. Лисавенко», г. Барнаул) и Солнечная полянка (СХА «Сады Сибири», Новосибирская обл., пос. Ленинский). Изучаемые сорта характеризуются высокими показателями основных хозяйственно ценных признаков в условиях Западной Сибири.

Исходным материалом послужили растения сортов Солнечная полянка и Альфа, размноженные традиционным способом из дочерних розеток, а также растения-регенеранты, полученные *in vitro* под действием 3,3 мкМ/л 6-бензиламинопурина (6-БАП), 0,05 мкМ/л и 0,1 мкМ/л тидиазурана (ТДЗ). Концентрации регуляторов роста определены в предыдущих экспериментах как оптимальные для индукции пазушного побегообразования на этапе собственно размножения *in vitro* (Амброс и др., 2017; неопубликованные данные). Сравнивали следующие группы растений:

- растения-регенеранты первого (2022 г.) и второго года культивирования (2023 г.);
- растения, размноженные традиционным способом, также первого (2022 г.) и второго года культивирования (2023 г.).

Растения высаживали в открытый грунт по однострочной схеме посадки: 0,60 × 0,25 м на экспериментальный участок лаборатории биотехнологии ЦСБС СО РАН (54°49'9.87"N и 83°6'6.95"E). Участок имеет ровную поверхность, без заметного склона. Почвы серые лесные, развивающиеся на породах, контактирующих с отложениями древней террасы реки Оби с объемным весом в слое 0...20 см 0,8...1,18 г/см³, в иллювиальном горизонте 1,38...1,68 г/см³. По механическому составу почвы на участке среднесуглинистые с большим количеством фракций крупной пыли, бесструктурные, со слабой воздухопроницаемостью и

водопроницаемостью, быстрой осадкой и уплотнением после обработки, склонные к заплыванию и образованию корки. Реакция слабокислая, pH 6,3...6,9. В слое почвы от 0 до 20 см содержится 2...4% гумуса, на глубине 50...60 см – не более 0,8%. Общие естественные запасы питательных веществ низкие, поэтому проводилось внесение перегноя в лунки при посадке растений. Срок посадки рассады – третья декада апреля – первая декада мая 2021 г.

Повторность опыта трехкратная, в каждой повторности по 10 растений, число учетных растений – 30 шт. в каждом варианте.

Учитывали компоненты генеративной продуктивности у растений: число цветоносов на растение (шт.), плодов на цветонос (шт.), плодов на растение (шт.), массу плодов 1...2 и последующих порядков (г). Учеты проводили в течение всего периода с начала цветения до окончания плодоношения.

Учет урожая проводили весовым способом. Из-за неодновременности созревания плодов, урожай собирали и учитывали через 1...2 дня. Для определения средней массы одного плода по всем сборам общую массу делили на их количество.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью компьютерных программ Microsoft Excel 2007 и Statistica 12.0. Данные представлены в виде средних значений и стандартных ошибок ($M \pm m$). Для сравнения средних значений независимых выборок использовали дисперсионный анализ ANOVA и тест Дункана.

Результаты и их обсуждение

Влияние способа вегетативного размножения на формирование компонентов генеративной продуктивности растений

Продуктивность – один из основных показателей, характеризующих ценность сорта, которая определяется генотипом и в значительной степени зависит от действия всех факторов, оказывающих влияние на растения во время их роста и развития (Lapshin et al., 2021). Генеративная продуктивность растения земляники слагается из количества цветоносов на растении, числа плодов и их массы по всем сборам (Дахно, Дахно, 2020).

При сравнении влияния способа размножения на показатели генеративной продуктивности сортов выявлены существенные различия в характере плодоношения у растений первого года культивирования (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели генеративной продуктивности растений земляники садовой сорта Солнечная полянка за 2022...2023 гг. в зависимости от способа размножения

Способ размножения	Год культивирования	Количество	Количество	Количество	Масса плодов, г	
		цветоносов на растение, шт.	плодов на цветонос, шт.	плодов на растение, шт.	1-2 порядок	3-4 порядок
Солнечная полянка						
КМ*	1	3,67±0,64b	5,76±0,28a	18,04±4,09b	7,89±0,21a	4,06±0,29a
	2	10,60±1,41a	7,89±0,21a	78,89±5,29a	19,85±0,78c	7,49±0,13b
ТР**	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	13,43±1,48a	7,70±0,44a	73,69±4,15a	10,85±0,34b	3,87±0,39a
Альфа						
КМ*	1	2,12±0,36b	6,84±0,40a	7,09±1,75a	6,74±0,31b	3,90±0,15a
	2	7,67±0,38a	6,04±0,17a	46,11±2,38b	12,51±0,24a	4,80±0,09b
ТР**	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	5,67±0,46a	6,14±0,20a	34,33±2,37c	11,13±0,23a	5,33±0,20b

Примечания:

Данные представлены в виде $M \pm m$.

Значения в столбцах для каждого сорта, за которыми следуют разные буквы, имеют значимые отличия друг от друга в соответствии с тестом Дункана при $p \leq 0,05$.

* – клональное микроразмножение.

** – традиционное размножение.

Растения, полученные традиционным способом, не вступали в фазу плодоношения в первый год вегетации. Растения, полученные с помощью технологии клонального микроразмножения (индуктор органогенеза *in vitro* – 6-БАП в концентрации 3,3 мкМ/л), характеризовались активным плодоношением уже в первый год культивирования, что выражалось в формировании цветоносов и плодов на растениях. На второй год культивирования растения обеих групп вступили в генеративный период развития, проявив способность к формированию репродуктивных органов. Статистический анализ выявил преимущества клонального микроразмножения у сорта Солнечная полянка по показателю «масса плодов», которая увеличивалась на 83,0% у плодов 1...2 порядка и 93,5% у плодов 3...4 порядка по сравнению с традиционным способом ($p \leq 0,05$). При этом различия в числе цветоносов и плодов на растение не были статистически значимыми. Для сорта Альфа различия отмечены для «количества плодов на растение». Этот показатель был выше на 34,31% ($p \leq 0,05$) у растений, полученных методом клонального микроразмножения, чем у растений, размноженных традиционным способом. Для остальных показателей различия были статистически незначимы.

Результаты свидетельствуют о том, что клональное микроразмножение обеспечивает ускоренное вступление земляники в генеративную фазу и положительно влияет на массу плодов у растений второго года вегетации. Данный эффект, вероятно, обусловлен эпигенетическими изменениями, возникающими в результате модификации экспрессии генетической информации. Изменения в паттернах метилирования ДНК и/или модификациях гистонов, индуцированные микроразмножением, могут оказывать влияние на транскрипцию генов (Miguel, Marum, 2011). В противоположность этому, традиционные методы размножения, требующие значительного времени для развития корневой системы и вегетативной массы, приводят к задержке начала плодоношения.

Влияние ТДЗ и 6-БАП на продуктивность растений-регенерантов земляники садовой

В первый год культивирования растения-регенераты сорта Солнечная полянка, полученные под действием ТДЗ в условиях *in vitro* образовали большее количество плодов на растение по сравнению с регенерантами, культивируемыми на средах с 6-БАП, независимо от порядка их формирования на цветоносе (в 2,2 раза, $p \leq 0,05$). При этом, статистически значимых различий в массе плодов между растениями с ТДЗ и 6-БАП не наблюдалось (таблица 2).

Для сорта Альфа отмечена противоположная тенденция. Применение 6-БАП *in vitro* приводило к статистически значимому увеличению количества плодов на растение по сравнению с ТДЗ (в 3,4 раза, $p \leq 0,05$), в то время как статистически значимых различий в массе плодов между растениями, размноженными под действием ТДЗ и 6-БАП также не выявлено.

Во второй год культивирования, по сравнению с первым, определены значимые изменения в продуктивности растений-регенерантов под влиянием регуляторов роста. Для обоих сортов (Солнечная полянка и Альфа) отмечено увеличение количества плодов на растениях, выращенных с использованием 6-БАП, на 17% и 25% соответственно, относительно первого года культивирования (таблица 3).

Влияние регуляторов роста на массу плодов 1...2 порядка во второй год культивирования зависело от генотипа. На регенеранты сорта Солнечная полянка ТДЗ оказывал негативное влияние, снижая массу плодов по сравнению с 6-БАП на 24% ($p \leq 0,05$). На массу плодов 1...2 порядка растений сорта Альфа ТДЗ оказывал положительное влияние, увеличивая ее на 11,5%, по сравнению с 6-БАП ($p \leq 0,05$). Для плодов других порядков (3...4 и последующие) существенных различий в массе между регуляторами роста не обнаружено.

Таблица 2 – Влияние регуляторов роста на продуктивность растений-регенерантов первого года культивирования (2022 г.) земляники садовой сорта Солнечная полянка и Альфа

Сорт	Регулятор роста	Характеристика плодов	Масса плодов, г	Количество плодов на растение, шт.
Солнечная полянка	6-БАП*	1-2 порядок	7,92±0,54с	11,10± 2,83а
		3-4 порядок	4,06±0,29b	
		последующие	2,99±0,19а	
	ТДЗ**	1-2 порядок	8,26±0,34с	24,18± 6,44b
		3-4 порядок	5,32±0,19b	
		последующие	3,50±0,21а	
Альфа	6-БАП*	1-2 порядок	6,74±0,31с	7,09± 1,75с
		3-4 порядок	3,90±0,15b	
		последующие	2,01±0,12а	
	ТДЗ***	1-2 порядок	6,65±0,54с	2,10 ± 0,90d
		3-4 порядок	4,02±0,16b	
		последующие	2,22±0,41а	

Примечания:

Данные представлены в виде $M \pm m$.Значения в столбцах для каждого сорта, за которыми следуют разные буквы, имеют значимые отличия друг от друга в соответствии с тестом Дункана при $p \leq 0,05$.

* – 6-бензиламинопури в концентрации 3,3 мкМ/л.

** – тидиазурон в концентрации 0,1 мкМ/л.

*** – тидиазурон в концентрации 0,05 мкМ/л.

Таблица 3 – Влияние регуляторов роста на продуктивность растений-регенерантов второго года культивирования (2023 г.) земляники садовой сортов Солнечная полянка и Альфа

Сорт	Регулятор роста	Характеристика плодов	Масса плодов, г	Количество плодов на растение, шт.
Солнечная полянка	6-БАП*	1-2 порядок	19,85±0,78b	78,89±5,29b
		3-4 порядок	7,49±0,13с	
		последующие	3,71±0,78d	
	ТДЗ**	1-2 порядок	15,07±0,86а	65,03±4,09а
		3-4 порядок	6,91±0,08с	
		последующие	3,22±0,07d	
Альфа	6-БАП*	1-2 порядок	12,51±0,24а	46,11±2,38с
		3-4 порядок	4,86±0,09d	
		последующие	3,66±0,51d	
	ТДЗ***	1-2 порядок	13,95±0,32b	34,33±2,38d
		3-4 порядок	5,22±0,28d	
		последующие	4,30±0,43d	

Примечания:

Данные представлены в виде $M \pm m$.Значения в столбцах для каждого сорта, за которыми следуют разные буквы, имеют значимые отличия друг от друга в соответствии с тестом Дункана при $p \leq 0,05$.

* – 6-бензиламинопури в концентрации 3,3 мкМ/л.

** – тидиазурон в концентрации 0,1 мкМ/л.

*** – тидиазурон в концентрации 0,05 мкМ/л.

Среднее количество плодов на растение во второй год культивирования было выше, но разница между группами 6-БАП и ТДЗ была менее выраженной, чем в первый год.

Выводы

1. Метод клонального микроразмножения позволил получить растения *F. × ananassa*, способные к цветению и плодоношению уже в первый год культивирования *in vivo*, что является преимуществом по сравнению с традиционным вегетативным размножением растений дочерними розетками.

2. Применение 6-бензиламинопурина в протоколе клонального микроразмножения сорта Солнечная полянка приводило к статистически значимому увеличению массы плодов 1...2 порядков (на 40%) во второй год культивирования по сравнению с традиционным способом вегетативного размножения.

3. Регуляторы роста тидиазурон и 6-бензиламинопурин оказывали дифференцированное влияние на характеристики плодов земляники садовой, зависящее от генотипа. Для сорта Солнечная полянка тидиазурон стимулировал увеличение количества плодов на растение, в то время как для сорта Альфа 6-бензиламинопурин стимулировал увеличение количества плодов на растение. Статистически значимых различий в первый год культивирования в массе плодов между тидиазуоном и 6-бензиламинопурином для сортов не выявлено. Во второй год культивирования различия в массе плодов отмечены для плодов 1...2 порядков, для плодов других порядков существенных различий не обнаружено.

4. Во второй год культивирования наблюдалось ослабление влияния регуляторов роста на продуктивность растений-регенерантов обоих сортов. Для сортов Солнечная полянка и Альфа сохранялась тенденция к увеличению количества плодов на растениях, полученных под действием 6-бензиламинопурина, по сравнению с тидиазуоном.

5. Полученные результаты подчеркивают необходимость индивидуального подбора протоколов размножения и применения регуляторов роста *in vitro* для каждого сорта земляники садовой, учитывая его генотипические особенности.

Благодарности

Для проведения исследований использованы материалы биоресурсной научной коллекции Центрального сибирского ботанического сада СО РАН «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте», УНУ № USU 440534.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН № AAAA-A21-121011290025-2 по проекту «Анализ биоразнообразия, сохранение и восстановление редких и ресурсных видов растений с использованием экспериментальных методов».

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Амброс Е.В., Зайцева Ю.Г., Красников А.А., Новикова Т.И. Оптимизация систем регенерации микропобегов генотипов *Fragaria × ananassa* (Rosaceae), перспективных для сибирского региона // Растительный мир Азиатской России. 2017. 4. 73-80. <https://elibrary.ru/youcee>
2. Беликова Н.А., Белякова Л.В., Высоцкий В.А., Алексеенко Л.В. Экономическая эффективность выращивания рассады земляники с использованием биотехнологических приемов. Садоводство и виноградарство. 2011. 5. 45-48. <https://elibrary.ru/ohryyx>
3. Дахно Т.Г., Дахно О.А. Генеративная и вегетативная продуктивность земляники крупноплодной *Fragaria ananassa* при применении биостимуляторов из морских гидробионтов камчатского шельфа // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2020. 53. 81-92. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2020-53-81-92>
4. Biswas M.K., Dutt M., Roy U.K., Islam R., Hossain M. Development and evaluation of *in vitro* somaclonal variation in strawberry for improved horticultural traits // Scientia Horticulturae. 2009. 122, 3. 409-416. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.06.002>

5. Boxus P.H. The production of strawberry plants by *in vitro* micropropagation // Journal of Horticultural Sciences. 1974. 49, 3. 209-210. <https://doi.org/10.1080/00221589.1974.11514571>
6. Cappelletti R., Sabbadini S., Mezzetti B. The use of TDZ for the efficient *in vitro* regeneration and organogenesis of strawberry and blueberry cultivars // Scientia Horticulturae. 2016. 207. 117-124. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2016.05.016>
7. Hasnain A., Naqvi S.A.H., Ayesha S.I., Khalid F., Ellahi M., Iqbal S., Hassan M.Z., Abbas A., Adamski R., Markowska D., Baazeem A., Mustafa G., Moustafa M., Hasan M.E., Abdelhamid M.M.A. Plants *in vitro* propagation with its applications in food, pharmaceuticals and cosmetic industries; current scenario and future approaches // Frontiers in Plant Science. 2022. 13. 1009395. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1009395>
8. Hernández-Martínez N.R., Blanchard C., Wells D., Salazar-Gutiérrez M.R. Current state and future perspectives of commercial strawberry production: A review // Scientia Horticulturae. 2023. 312. 111893. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111893>
9. Jhajhra S., Dashora L.K., Singh J., Bhatnagar P., Kumar A., Arya C.K. *In vitro* propagation of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) // International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2018. 7, 10. 3030-3035. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.710.353>
10. Karim R., Ahmed F., Krishna Roy U., Ara T., Islam R., Hossain M. Varietal improvement of strawberry (*Fragaria × ananassa* Dutch.) through somaclonal variation using *in vitro* techniques // Journal of Agricultural Science and Technology. 2015. 17, 4. 977-986. <http://hdl.handle.net/123456789/3926>
11. Lapshin V., Yakovenko V., Shcheglov S. Genotypic assessment of productivity and quality of berries of strawberry varieties // BIO Web of Conferences. 2021. 34. 02004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213402004>
12. Manchanda P., Sharma D., Kaur G., Kaur H., Vanshika. Exploring the significance of somaclonal variations in horticultural crops // Molecular Biotechnology. 2025. 67. 2185-2203. <https://doi.org/10.1007/s12033-024-01214-6>
13. Miguel C., Marum L. An epigenetic view of plant cells cultured *in vitro*: somaclonal variation and beyond // Journal of Experimental Botany. 2011. 62, 11. 3713-3725. <https://doi.org/10.1093/jxb/err155>
14. Mir J.I., Ahmed N., Rashid R., Wani S.H., Mir H., Sheikh M.A. Micropropagation of Strawberry (*Fragaria × ananassa*) // Crop Improvement. 2010. 37, 2. 153-156. <https://icarcith.easio.in/DownloadAttachments/2010-CI-strawberry23173261.pdf>
15. Mir H., Rani R., Ahmad F., Sah A.K., Prakash S., Kumar V. Phenolic exudation control and establishment of *in vitro* strawberry (*Fragaria × ananassa*) cv. Chandler // Current Journal of Applied Science and Technology. 2019. 33, 3. 1-5. <https://doi.org/10.9734/cjast/2019/v33i330071>
16. Munir M., Iqbal S., Baloch J.U.D., Khakwani A.A. *In vitro* explant sterilization and bud initiation studies of four strawberry cultivars // Journal of Applied Horticulture. 2015. 17, 3. 192-198. <https://doi.org/10.37855/jah.2015.v17i03.36>
17. Murthy B.N.S., Murch S.J., Saxena P.K. Thidiazuron: A potent regulator of *in vitro* plant morphogenesis // In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant. 1998. 34. 267-275. <https://doi.org/10.1007/BF02822732>
18. Palei S., Das A.K., Rout G.R. *In vitro* studies of strawberry – an important fruit crop: a review // Journal of Plant Science and Research. 2015. 31, 2. 115-131.
19. Popescu A.N., Isac V.S., Coman M.S., Radulescu M.S. Somaclonal variation in plants regenerated by organogenesis from callus culture of strawberry (*Fragaria × ananassa*) // Acta Horticulturae. 1997. 439, 89-96. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.439.8>

20. Rajan R.P., Singh G. A review on application of somaclonal variation in important horticulture crops // *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. 2021. 22, 35-36. 161-175. <https://www.ikprpress.org/index.php/PCBMB/article/view/6319>
21. Rukh S., Kazmi A., Nabi G., Irshad M., Ali A., Muhammad S., Mashwani Z.-ur-R., Sultana T. Improvement of *in vitro* regeneration frequency, polyphenolic and antioxidant profile of strawberry (*Fragaria ananassa* Cv. Chandler) via indirect organogenesis // *Journal of Pure and Applied Agriculture*. 2023. 8, 1. <https://ojs.aiou.edu.pk/index.php/jpaa/article/view/1392>
22. Smeringai J., Schrupfova P.P., Pernisova M. Cytokinins – regulators of de novo shoot organogenesis // *Frontiers in Plant Science*. 2023. 14, 1239133. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1239133>

References

1. Ambros, E.V., Zaytseva, Yu.G., Krasnikov, A.A., & Novikova, T.I. (2017). Optimization of microshoots regeneration systems of *Fragaria × ananassa* (*Rosaceae*) genotypes perspectived for Siberian region. *Rastitel'nyj Mir Aziatskoj Rossii*, 4, 73-80. <https://elibrary.ru/youcee>. (In Russian, English abstract)
2. Belikova, N.A., Belyakova, L.V., Vysockij, V.A., & Alekseenko, L.V. (2011). Economic efficiency of growing strawberry seedlings using biotechnological techniques. *Horticulture and Viticulture*, 5, 45-48. <https://elibrary.ru/ohryyx>. (In Russian, English abstract)
3. Dakhno, T.G., Dakhno, O.A. (2020). Generative and vegetative productivity of large-fruited strawberry *Fragaria ananassa* when using biostimulants from marine hydrobionts of Kamchatka. *Bulletin of Kamchatka State Technical University*, 53, 81-92. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2020-53-81-92>. (In Russian, English abstract)
4. Biswas, M.K., Dutt, M., Roy, U.K., Islam, R., & Hossain, M. (2009). Development and evaluation of *in vitro* somaclonal variation in strawberry for improved horticultural traits. *Scientia Horticulturae*, 122(3), 409-416. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.06.002>
5. Boxus, P.H. (1974). The production of strawberry plants by *in vitro* micropropagation. *Journal of Horticultural Sciences*, 49(3), 209-210. <https://doi.org/10.1080/00221589.1974.11514571>
6. Cappelletti, R., Sabbadini, S., & Mezzetti, B. (2016). The use of TDZ for the efficient *in vitro* regeneration and organogenesis of strawberry and blueberry cultivars. *Scientia Horticulturae*, 207, 117-124. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2016.05.016>
7. Hasnain, A., Naqvi, S.A.H., Ayesha, S.I., Khalid, F., Ellahi, M., Iqbal, S., Hassan, M.Z., Abbas, A., Adamski, R., Markowska, D., Baazeem, A., Mustafa, G., Moustafa, M., Hasan, M.E., & Abdelhamid, M.M.A. (2022). Plants *in vitro* propagation with its applications in food, pharmaceuticals and cosmetic industries; current scenario and future approaches. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1009395. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1009395>
8. Hernández-Martínez, N.R., Blanchard, C., Wells, D., & Salazar-Gutiérrez, M.R. (2023). Current state and future perspectives of commercial strawberry production: A review. *Scientia Horticulturae*, 312, 111893. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111893>
9. Jhajhra, S., Dashora, L.K., Singh, J., Bhatnagar, P., Kumar, A., & Arya, C.K. (2018). *In vitro* propagation of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(10) 3030-3035. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.710.353>
10. Karim, R., Ahmed, F., Krishna, Roy, U., Ara, T., Islam, R., Hossain, M. (2015). Varietal improvement of strawberry (*Fragaria × ananassa* Dutch.) through somaclonal variation using *in vitro* techniques. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 17(4), 977-986. <http://hdl.handle.net/123456789/3926>
11. Lapshin, V., Yakovenko, V., & Shcheglov, S. (2021). Genotypic assessment of productivity and quality of berries of strawberry varieties. *BIO Web of Conferences*, 34, 02004. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213402004>
12. Manchanda, P., Sharma, D., Kaur, G., Kaur, H., & Vanshika. (2025). Exploring the significance of somaclonal variations in horticultural crops. *Molecular Biotechnology*, 67, 2185-2203. <https://doi.org/10.1007/s12033-024-01214-6>

13. Miguel, C., & Marum, L. (2011). An epigenetic view of plant cells cultured *in vitro*: somaclonal variation and beyond. *Journal of Experimental Botany*, 62(11), 3713-3725. <https://doi.org/10.1093/jxb/err155>
14. Mir, J.I., Ahmed, N., Rashid, R., Wani, S.H., Mir, H., & Sheikh, M.A. (2010). Micropropagation of strawberry (*Fragaria × ananassa*). *Crop Improvement*, 37, 2, 153-156. <https://icarcith.easio.in/DownloadAttachments/2010-CI-strawberry23173261.pdf>
15. Mir, H., Rani, R., Ahmad, F., Sah, A.K., Prakash, S., & Kumar, V. (2019). Phenolic exudation control and establishment of *in vitro* strawberry (*Fragaria × ananassa*) cv. Chandler. *Current journal of applied science and technology*, 33(3). 1-5. <https://doi.org/10.9734/cjast/2019/v33i330071>
16. Munir, M., Iqbal, S., Baloch, J.U.D., & Khakwani, A.A. (2015). *In vitro* explant sterilization and bud initiation studies of four strawberry cultivars. *Journal of Applied Horticulture*, 17(3), 192-198. <https://doi.org/10.37855/jah.2015.v17i03.36>
17. Murthy, B.N.S., Murch, S.J., & Saxena, P.K. (1998). Thidiazuron: A potent regulator of *in vitro* plant morphogenesis // *In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant*, 34, 267-275. <https://doi.org/10.1007/BF02822732>
18. Palei, S., Das, A.K., Rout, G.R. (2015). *In vitro* studies of strawberry – an important fruit crop: a review. *Journal of Plant Science and Research*, 31(2), 115-131.
19. Popescu, A.N., Isac, V.S., Coman, M.S., & Radulescu, M.S. (1997). Somaclonal variation in plants regenerated by organogenesis from callus culture of strawberry (*Fragaria × ananassa*). *Acta Horticulturae*, 439, 89-96. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.439.8>
20. Rajan, R.P., & Singh, G. (2021). A review on application of somaclonal variation in important horticulture crops. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 22(35-36), 161-175. <https://www.ikpress.org/index.php/PCBMB/article/view/6319>
21. Rukh, S., Kazmi, A., Nabi, G., Irshad, M., Ali, A., Muhammad, S., Mashwani, Z.-ur-R., & Sultana, T. (2023). Improvement of *in vitro* regeneration frequency, polyphenolic and antioxidant profile of strawberry (*Fragaria ananassa* Cv. Chandler) via indirect organogenesis. *Journal of Pure and Applied Agriculture*, 8, 1. <https://ojs.aiou.edu.pk/index.php/jpaa/article/view/1392>
22. Smeringai, J., Schrupfova, P.P., & Pernisova, M. (2023). Cytokinins – regulators of de novo shoot organogenesis. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1239133. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1239133>

Автор:

Елена Валерьевна Амброс, к.б.н., зав. лабораторией биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской Академии наук, ambros_ev@mail.ru
 ORCID: 0000-0002-2119-6503
 SPIN: 3036-6988

Author:

Elena V. Ambros, Phd in Biology, head of the laboratory of Biotechnology, Federal State Budgetary Scientific Institution Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, ambros_ev@mail.ru
 ORCID: 0000-0002-2119-6503
 SPIN: 3036-6988

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 581.192:577.13+634.74

Содержание биологически активных фенольных соединений в плодах облепихи (*Hippophaë rhamnoides* L.) в условиях юга Западной СибириИ.В. Ершова¹ ¹ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агrobiотехнологий», 656910, п. Научный городок, д. 35, г. Барнаул, Россия, aniish@mail.ru**Аннотация**

Облепиха крушиновидная (*Hippophaë rhamnoides* L.) является уникальным растением европейской и азиатской флоры, содержащим в своих плодах целый комплекс биологически активных соединений с ценными биолого-фармакологическими свойствами. В настоящее время культура имеет статус одного из самых востребованных растений в качестве сырья в пищевой, фармацевтической, косметической промышленности. Она занимает важное место в системе сохранения и улучшения здоровья населения. К числу важнейших биологически активных веществ, которые вносят существенный вклад в реализацию лечебно-профилактического потенциала культуры, относятся фенольные соединения, в частности, биофлавоноиды – наиболее значимые природные антиоксиданты. Несмотря на многочисленные экспериментальные данные о фитохимическом составе плодов облепихи, сведения о содержании флавоноидов в ягодах культуры в условиях юга Западной Сибири весьма ограничены. Целью настоящей работы явилось выявление специфики накопления биологически активных фенольных соединений в ягодах облепихи (*Hippophaë rhamnoides* L.), выращенной в условиях лесостепной зоны Алтайского края, выделение перспективных форм с высокими соответствующими показателями, отличающихся стабильностью в меняющихся условиях среды. Исследования осуществлялись в период с 2021 по 2023 гг. Объекты исследований – свежие зрелые плоды сортов и гибридных форм облепихи. Суммарное содержание биофлавоноидов и отдельных фракций (антоцианов, флаванов, флавонолов) определяли спектрофотометрическими и колориметрическими методами в этанольных экстрактах плодов. Установлены сортовые различия и диапазоны изменчивости соответствующих показателей. Выделены перспективные генотипы, представляющие интерес по данному признаку. Количество фенольных соединений в ягодах облепихи в условиях юга Западной Сибири составляет в среднем 387,7 мг/100 г с диапазоном варьирования показателя 298,6...508,2 мг/100 г. Перспективными источниками их высокого содержания признаны сорта Этна, Афина, гибридные формы 79-01-1, 170-03-1, 360-05-1. Доминирующей фракцией комплекса биофлавоноидов плодов культуры являются процианидины (66,0%), значительная доля приходится на флавонолы (22,8%), 10,8% – на катехины. В наименьшей степени представлены антоцианы (0,4%). Установлено, что уровень аккумуляции биофлавоноидов в сильной степени зависит от суммы активных температур периода вегетации культуры. Гомеостатичностью признака характеризуются сорт Этна, гибридные формы 360-05-1, 125-02-1, 79-01-1.

Ключевые слова: облепиха крушиновидная, сорта, гибриды, плоды, химический состав, биофлавоноиды, антоцианы, флаванов, флавонолы

Contents of biologically active phenolic compounds in sea buckthorn fruits (*Hippophaë rhamnoides* L.) under the conditions of the south of Western Siberia

I.V. Ershova¹ 

¹Federal Altai Scientific Centre of Agro-Biotechnologies, 656910, Nauchnii gorodok, 35, Barnaul, Russia, aniish@mail.ru

Abstract

Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) is a unique plant species of the European and Asian flora, which fruits contain a complex of biologically active compounds with valuable biological and pharmacological properties. Currently, the species is recognized as one of the most in-demand plant sources of raw materials for the food, pharmaceutical, and cosmetic industries. It occupies an important place in the system of public health preservation and improvement. Among the most important biologically active substances that make a significant contribution to the therapeutic and preventive potential of the species are phenolic compounds, particularly bioflavonoids, the most significant natural antioxidants. Despite numerous experimental data on the phytochemical composition of sea buckthorn fruits, the information on the flavonoid content of berries grown in the southern regions of Western Siberia remains limited. The objective of this study was to identify the specific patterns of accumulation of biologically active phenolic compounds in the berries of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) cultivated in the forest-steppe zone of the Altai Territory, as well as to identify promising forms with high and stable corresponding values under variable environmental conditions. The studies were conducted from 2021 to 2023. The objects of investigation were fresh ripe fruits of sea buckthorn cultivars and hybrid forms. The total content of bioflavonoids and individual fractions (anthocyanins, flavans, flavonols) was determined in ethanol extracts of the fruits using spectrophotometric and colorimetric methods. Cultivar-specific differences and ranges of variation for the respective parameters were identified. Promising genotypes of interest for this trait were identified. The content of phenolic compounds in sea buckthorn berries grown in the southern regions of Western Siberia averaged 387.7 mg/100 g, with a variation range of 298.6 to 508.2 mg/100 g. The cultivars Etna and Afina, along with the hybrid forms 79-01-1, 170-03-1, and 360-05-1, were identified as promising sources of high phenolic content. The dominant fraction of the fruit bioflavonoid complex consisted of procyanidins (66.0%), followed by a substantial proportion of flavonols (22.8%), catechins (10.8%), and a minimal proportion of anthocyanins (0.4%). It was found that the level of bioflavonoid accumulation strongly depended on the sum of active temperatures during the vegetation period. The cultivars and hybrid forms characterized by high trait homeostasis included Etna, 360-05-1, 125-02-1, and 79-01-1.

Key words: *Hippophaë rhamnoides*, cultivars, hybrids, fruits, chemical composition, bioflavonoids, anthocyanins, flavans, flavonols

Введение

Актуальным направлением научных исследований последних десятилетий в области плодовых и ягодных культур являются поиск и изучение перспективных источников ценных биологически активных веществ (БАВ). Комплекс БАВ растений участвует в регуляции многих физиологических и биохимических процессов, тем самым поддерживая нормальную жизнедеятельность организмов. Химический состав растительного сырья отличается многокомпонентностью и широким диапазоном биологической активности, благодаря чему оно представляет исключительный интерес для здорового питания, разработки и внедрения новых лекарственных препаратов и БАД направленного биологического действия с выраженными антиоксидантными и адаптогенными свойствами, косметических средств и

т.п. Спектр его применения определяется специфичностью биохимического состава растительной продукции. Последнее, в свою очередь, обуславливается многими факторами (видовые и сортовые особенности, условия репродукции растений, факторы окружающей среды), поэтому исследование химического состава образцов плодовых и ягодных культур, выращенных в различных регионах мира, продолжает быть актуальным.

Облепиха крушиновидная (*Hippophaë rhamnoides* L.) является уникальным растением европейской и азиатской флоры, содержащим в своих плодах целый комплекс БАВ с ценными биолого-фармакологическими свойствами. Их высокое содержание, а также эффективное воздействие на организм человека подтверждено мировой медицинской и народной практикой (Mihal et al., 2023). Плоды облепихи, как и другие части растения, используют в профилактических и лечебных целях для поддержания сердечно-сосудистой и иммунной систем, липидного обмена, как противовоспалительные, заживляющие и антирадиационные средства (Suryakumar, Gupta, 2011; Brno, 2015; Guo et al., 2017; Olas et al., 2018). На сегодняшний день пищевая и лечебно-профилактическая ценность облепихи неоспоримы. Она занимает важное место в системе сохранения и улучшения здоровья населения. Значительный терапевтический потенциал облепихи напрямую связан с химическим составом ее различных органов. По данным российских и зарубежных исследователей, плоды облепихи богаты углеводами, пектиновыми, дубильными и азотистыми веществами, органическими кислотами, в том числе жирными кислотами, водо- и жирорастворимыми витаминами, фосфолипидами, фенольными соединениями, ферментами, минеральными веществами и т.п. (Ершова, 2009; Скуридин и др., 2013; Тринеева и др., 2019; Мезенова и др., 2020; Нилова, Малютенкова, 2021; Olas et al., 2018; Dabrowskia et al., 2022; Mihal et al., 2023). Основным продуктом переработки ее плодов является ценнейшее облепиховое масло, используемое в качестве исходного компонента или основы для создания разных видов фармацевтической продукции. Оно отличается высоким содержанием каротиноидов, токоферолов (витамин Е), ненасыщенных жирных кислот. Значимым показателем биологической ценности плодов является и содержание витамина С, по количеству которого облепиха лидирует среди плодовых и ягодных пород. К числу важнейших БАВ, которые вносят существенный вклад в реализацию лечебно-профилактического потенциала культуры, относятся и фенольные соединения (ФС), в частности, биофлавоноиды. На сегодняшний день, наряду с витамином С, они признаны одной из самых значимых групп биоантиоксидантов. Биофлавоноиды являются продуктами вторичного метаболизма растений, проявление биологической активности которых весьма многообразно. Установлены их противовоспалительные, антимикробные, антиканцерогенные, капилляроукрепляющие, гепато- и нейропротекторные, адаптогенные свойства (Тараховский и др., 2013). Эти метаболиты принимают участие в росте, развитии самих растений, дыхании, фотосинтезе, а также защите от действия стрессовых факторов (Упадышев, 2008). В настоящее время большинство исследователей связывают содержание полифенольных соединений с антиоксидантным потенциалом растений, в связи с чем соответствующие научные исследования приобретают все большее значение в селекционных программах по культурам. В этом контексте становится понятной необходимость оценки сортов и форм облепихи по содержанию данной группы БАВ. Известно, что биосинтез и накопление ФС в онтогенезе растений является как результатом реализации генетической программы, так и в значительной степени зависят от воздействия факторов внешней среды. Немаловажным является факт территориальной вариабельности количественного и качественного состава БАВ для различных целей применения плодов облепихи. Поэтому выявление соответствующего потенциала культуры в различных природно-климатических регионах произрастания остается актуальным направлением для

изучения. Химический состав плодов облепихи достаточно широко освещен в научной литературе, однако, закономерности накопления биологически активных ФС сортообразцами культуры, произрастающими в условиях юга Западной Сибири, изучены мало, что не позволяет в полной мере оценить вклад данной группы БАВ в общую биологическую активность ее плодов.

Цель настоящей работы – выявление специфики накопления биологически активных ФС в ягодах облепихи (*Hippophaë rhamnoides* L.), выращенной в условиях лесостепной зоны Алтайского края, выделение перспективных форм с высокими соответствующими показателями, отличающихся стабильностью в меняющихся условиях среды.

Материалы и методы

Исследования осуществлялись на базе лаборатории индустриальных технологий и экспериментально-производственных подразделений отдела НИИ садоводства Сибири (НИИСС) ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агrobiотехнологий» в период с 2021 по 2023 гг. Объекты исследований – сорта и гибридные формы облепихи, которые были отобраны по максимальному проявлению и сочетанию ряда хозяйственно-ценных признаков (высокие зимостойкость, урожайность и скороплодность, крупноплодность, качественный биохимический состав плодов, в случае отдельных образцов – плотная мякоть ягод, их раннее созревание и т.п.): Чуйская, Афина, Иня, Этна, 79-01-1, 125-02-1, 125-02-2, 170-03-1, 177-00-1, 258-03-1, 360-05-1. Суммарное содержание биофлавоноидов и отдельных фракций (антоцианов, флаванов, флавонолов) определяли спектрофотометрическими и колориметрическими методами после их экстракции из ягод 96%-ным этанолом из расчета его 80%-ной конечной концентрации (в случае определения общего содержания ФС и флавонолов) и 96%-ным этанолом, подкисленным 1% HCl (в случае определения катехинов, процианидинов и антоцианов) (Ермаков и др., 1987; Самородова-Бианки, Стрельцина, 1989). Для определения суммы ФС использовали метод с использованием реактива Фолина-Дениса (Самородова-Бианки, Стрельцина, 1989), флавонолов – метод, основанный на образовании окрашенных комплексов с $AlCl_3$ в среде 5% CH_3COONa . Содержание катехинов определяли по оптической плотности продуктов реакции этанольного экстракта с ванилиновым реактивом. Определение процианидинов базировалось на методе Свайна и Хиллиса с использованием н-бутанола и концентрированной HCl (Ермаков и др., 1987). Расчеты осуществляли по калибровочным кривым, построенным, соответственно, по хлорогеновой кислоте, рутину, d-катехину, цианидин-3-глюкозиду. Полученные результаты обрабатывали посредством методов математической статистики (дисперсионный и корреляционный анализы) в программе MS Excel 2016.

Результаты и их обсуждение

Согласно литературным данным, фенольный комплекс плодов облепихи представлен, главным образом, флавонолами, процианидинами, катехинами и дубильными веществами – производными галловой кислоты. Антоцианы в ягодах практически отсутствуют (Школьников и др., 2020; Нилова, Малютенкова, 2021; Тринеева, 2023; Bittova et al., 2014; Mendelova et al., 2016; Guo et al., 2017; Ma et al., 2017; Mihal et al., 2023).

Полученные нами данные свидетельствуют о сортовой вариации накопления биологически активных ФС в плодах исследованных образцов облепихи. Дисперсионный анализ позволил установить достоверность различий между сортообразцами по уровню аккумуляции ФС (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание биофлавоноидов в ягодах облепихи (среднее за 2021...2023 гг.), мг/100 г

Сортообразец	Сумма	Катехины	Антоцианы	Процианидины	Флавонолы
Чуйская	326,6	32,3	0,9	173,5	92,4
Афина	438,8	51,3	1,0	284,1	97,4
Иня	361,7	35,7	3,0	240,5	73,1
Этна	458,2	63,2	2,0	291,7	93,4
79-01-1	404,1	60,0	0,7	257,9	81,6
125-02-1	379,8	35,4	2,4	206,5	126,5
125-02-2	352,8	29,1	2,1	203,0	94,6
170-03-1	436,1	26,5	1,0	250,2	106,3
177-00-1	340,8	38,4	1,3	216,9	69,1
258-03-1	371,8	43,0	1,0	234,8	80,5
360-05-1	394,0	48,8	1,4	247,8	76,3
Среднее	387,7	42,2	1,5	237,0	90,1
НСР ₀₅	60,7	10,3	0,6	29,8	14,0

Их суммарное содержание за годы исследований варьировало от 298,6 до 508,2 мг/100 г сырого веса, составив в среднем 387,7 мг/100 г. Межсортная изменчивость признака была выражена в средней степени ($V = 14,7\%$). Сведения по общему содержанию ФС в плодах облепихи значительно разнятся. Так, для северо-запада России соответствующий уровень был установлен в довольно высоких пределах – 680...795 мг/100 г (Нилова, Малютенкова, 2021), что может объясняться наличием большего количества стрессовых факторов для культуры. В условиях Центрального Черноземья аккумуляция биофлавоноидов в ягодах достигает 225 мг/100 г (Тринеева, 2023), Забайкалья – 330 мг/100 г (Ширипнимбуева и др., 2014). В плодах различных сортов культуры, произрастающих в европейском регионе, в частности – Чехии, общее содержание ФС варьирует от 70 до 360 мг/100 г (Sytarova et al., 2020), Румынии – от 100 до 186 мг/100 г (Criste et al., 2020). Такой разброс данных может зависеть от многих факторов, как уже упоминалось выше. В связи с этим, можно констатировать, что исследованные нами сортообразцы облепихи в условиях юга Западной Сибири отличаются повышенным содержанием биофлавоноидов, что, в свою очередь, свидетельствует об их особой биологической ценности.

Минимальный за годы исследований уровень аккумуляции ФС в ягодах был установлен для контрольного сорта Чуйская – 298,6 мг/100 г. В соответствии с этим, большая часть изученных сортообразцов в этом отношении характеризовалась хорошим потенциалом. Однако статистически достоверное отличие от контроля в лучшую сторону было установлено для сортов Этна, Афина, гибридных форм 79-01-1, 170-03-1, 360-05-1. Максимальным в исследуемый период уровнем накопления ФС отличился гибрид 170-03-1 (508,2 мг/100 г), высоким – сорта Афина (482,7 мг/100 г), Этна (469,7 мг/100 г), формы 79-01-1 (442,6 мг/100 г), 258-03-1 (424,0 мг/100 г), 125-02-2 (420,6 мг/100 г) (рисунок 1).

Как демонстрирует рисунок 1, наибольшей итоговой степенью проявления признака характеризовалась гибридная форма 170-03-1 со средней степенью его гомеостатичности ($V = 14,3\%$). Уровень накопления ФС в ее плодах был довольно зависим от метеоусловий вегетационного периода, однако он всегда оставался высоким. Форма отличается выраженной красной окраской ягод, что обусловлено высоким содержанием каротиноидов. Количество их достигает 50 мг/100 г. Такая высокая продуктивность гибрида в отношении синтеза этих групп БАВ относит его в разряд особо ценных.

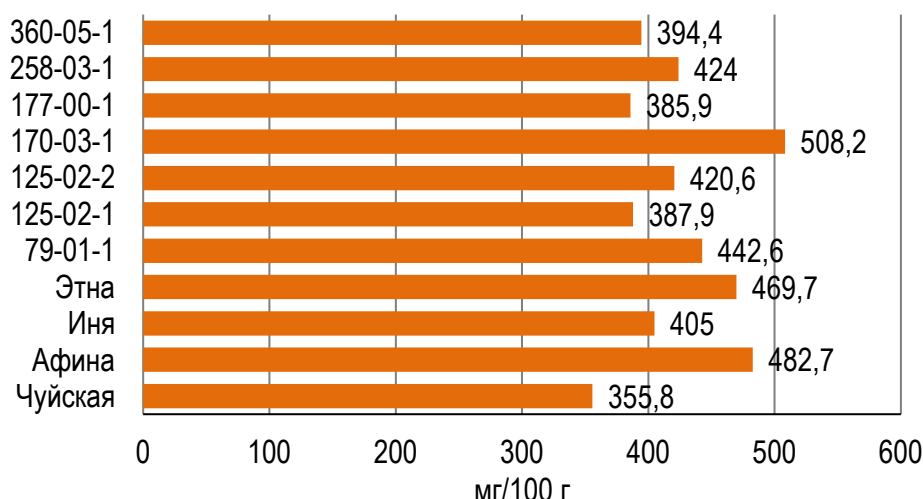


Рисунок 1 – Суммарное содержание биофлавоноидов в ягодах облепихи, наибольшие показатели по сортам

Сорт Этна выделился максимальным средним показателем содержания ФС. При этом он отличился высокой степенью гомеостаза признака ($V = 3,7\%$), что указывает на большую обусловленность его генотипом. Сформулированный выше вывод относительно гибрида 170-03-1 в полной мере относится к данному сорту. Судя по результатам данной работы, его однозначно можно отнести к ценным источникам природных БАВ. В этом отношении заслуживает внимания и сорт Афина. Несмотря на некоторую зависимость соответствующих показателей его плодов от средовых факторов ($V = 16,8\%$), он всегда выделялся высоким уровнем аккумуляции ФС в ягодах. Очевидна и перспективность остальных вышеуказанных гибридных форм. Стоит отметить, что формы 79-01-1 и 360-05-1, помимо хорошего потенциала, отличились и высокой степенью стабильности проявления признака ($V = 9,0$ и $3,4\%$ соответственно).

Анализ фракционного состава комплекса биофлавоноидов ягод культуры позволил установить преобладание в нем процианидинов ($66,0\%$), значительная доля приходится на флавонолы ($22,8\%$), лишь $10,8\%$ – на катехины. В наименьшей степени представлены антоцианы ($0,4\%$) (рисунок 2).

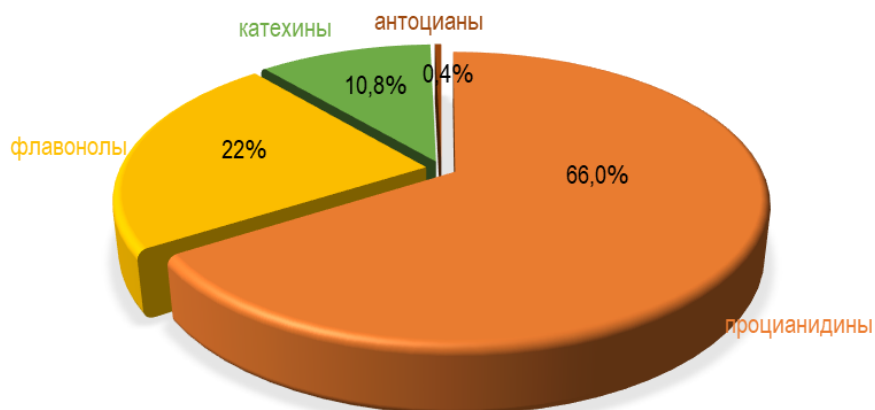


Рисунок 2 – Фракционный состав комплекса биофлавоноидов облепихи

Полученные данные согласуются с литературными в части доминирования процианидинов в профиле биофлавоноидов плодов облепихи, отличаясь лишь в

количественном отношении. Ряд авторов указывают на практически равное процентное соотношение фракций процианидинов и катехинов – 38...40% и 42% соответственно (Школьников и др., 2020; Guo et al., 2017). Количество флавонолов составляет 16...20% всего комплекса, что практически согласуется с полученными нами данными. Именно с флавонолами, представленными у облепихи рутином, кверцетином, изорамнетином, кемпферолом, мирицетином, по большей части, связывают общий антиоксидантный эффект ее плодов. Флаваны – катехины и процианидины – проявляют наиболее выраженное капилляроукрепляющее и противовоспалительное действия, процианидины также обладают антиоксидантной активностью (Suryakumar, Gupta, 2011; Bittova et al., 2014; Guo et al., 2017; Criste et al., 2020; Тринеева, 2023; Mihal et al., 2023). Все исследователи указывают на тот факт, что антоцианы в плодах облепихи отсутствуют или находятся в следовых количествах.

Содержание процианидинов в ягодах исследованных нами сортобразцов облепихи изменяется в диапазоне 121,5...343,2 мг/100 г (в среднем 237,0 мг/100 г – здесь и далее), катехинов – 20,1...82,8 мг/100 г (42,2 мг/100 г), флавонолов – 53,0...152,9 мг/100 г (90,1 мг/100 г), антоцианов – 0,3...4,0 мг/100 г (1,5 мг/100 г). Сведения по количественному содержанию отдельных фракций биофлавоноидов в плодах культуры существенно разнятся. Ряд исследователей отмечает количество катехинов в пределах 50 мг/100 г, процианидинов – 250 мг/100 г, но приводятся данные и о более значительных их количествах, что оказалось характерным для сортобразцов облепихи из коллекции НИИ садоводства Сибири.

Межсортная вариабельность признаков была наибольшей в отношении содержания антоцианов, разница могла быть тринадцатикратной. Максимальное значение показателя было отмечено у сорта Иня – 4,0 мг/100 г. Повышенным их содержанием отличились сорт Этна, гибридные формы 125-02-1, 125-02-2 – от 2 до 3 мг/100 г. Довольно существенно исследованные сортобразцы различались по уровню накопления катехинов, наибольший превышал минимальный в 4 раза. Источниками повышенного содержания катехинов в плодах были признаны сорта Этна (82,8 мг/100 г – наибольшее значение показателя за годы изучения, здесь и далее), Афина (64,4 мг/100 г), форма 79-01-1 (80,4 мг/100 г).

По содержанию процианидинов, количественно ведущей фракции биофлавоноидов плодов облепихи, лидировали гибридная форма 170-03-1 (343,2 мг/100 г), сорта Афина (319,3 мг/100 г), Этна (308,0 мг/100 г), Иня (277,0 мг/100 г), отборные формы 360-05-1 (296,3 мг/100 г), 79-01-1 (270,2 мг/100 г). Исходя из литературных данных, это содержание можно признать довольно высоким для культуры, что в полной мере относится и к фракции флавонолов исследованных нами объектов. Богаты флавонолами ягоды сортов Афина (106,0 мг/100 г), Этна (97,8 мг/100 г), гибридов 125-02-1 (152,9 мг/100 г), 170-03-1 (132,7 мг/100 г), 258-03-1 (102,3 мг/100 г), что обуславливает их высокий антиоксидантный статус.

Как известно, синтез и накопление биофлавоноидов в растительных объектах является динамическим процессом, в значительной степени зависящим от метеоусловий вегетационного периода. В связи с этим, в ходе настоящих исследований, была предпринята попытка оценки вариабельности содержания биофлавоноидов в плодах облепихи, обусловленной экзогенными факторами. В качестве основных факторов погодных условий были взяты сумма активных температур (САТ), сумма осадков (СО) и гидротермический коэффициент (ГТК). Вегетационный период 2021 г., согласно величине ГТК – 0,6, в целом характеризовался как засушливый. Особенностью периода явился дефицит осадков при повышенном температурном фоне (САТ – 1920°C, СО – 170,1 мм). 2022 г. можно отнести к слабозасушливому, приближенному к нормально увлажненному (ГТК – 0,99, САТ – 2070,3°C, СО – 214,3 мм). Вегетационный период культуры в 2023 г. отличился небольшой

увлажненностью при значительном количестве дней солнечной активности (ГТК – 0,8, САТ – 2252,3°C, СО – 179,4 мм).

В отношении исследованных сортообразцов облепихи была выявлена прямая положительная корреляция суммарного содержания ФС с показателем САТ периода вегетации, выраженная в сильной степени ($r = 0,73$), умеренная отрицательная – с показателем СО ($r = -0,35$). С ГТК связь была незначительной. В соответствии с этим, наиболее продуктивным для культуры в отношении синтеза биофлавоноидов стал 2023 г., когда для более половины всех образцов уровень аккумуляции ФС достигал 400 мг/100 г и более. Наименьшим накоплением ФС в плодах отличился 2022 г. Данный факт вполне объясним, если принимать во внимание ту важную роль, которую играют ФС в жизнедеятельности растений, в частности, в адаптации к климатическим условиям, защите от стрессовых факторов.

Естественно, что при контрастных условиях вегетации наиболее ценными представляются сортообразцы со стабильно высокой степенью проявления признака. Такие сорта и формы относительно устойчиво сохраняют признак при изменении погодных условий, следовательно, они обладают большей экологической стабильностью и высокой хозяйственной эффективностью. Очевидно, что они заслуживают внимания и с точки зрения селекции как источники или предполагаемые доноры признака. В ряду стабильных в проявлении признака лидировали гибриды 360-05-1, 125-02-1, 79-01-1, а также сорт Этна, что в очередной раз подтверждает их ценность и перспективность.

Заключение

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что в плодах облепихи, выращенной в условиях юга Западной Сибири, аккумуляция биофлавоноидов может достигать довольно значительного уровня для культуры в целом, обуславливая тем самым эффективное фармакотерапевтическое действие изученного вида сырья, позитивный антиоксидантный эффект. Это может способствовать более широкому использованию плодов культуры для получения функциональных продуктов питания, препаратов фармацевтики и т.п. Кроме того, результаты данной работы имеют значение для систематизации информации о вариабельности фитохимического состава плодов облепихи крушиновидной (*Hippophaë rhamnoides* L.) в зависимости от климатических факторов регионов ее произрастания.

Суммарное содержание биофлавоноидов в ягодах облепихи в условиях юга Западной Сибири составляет в среднем 387,7 мг/100 г с диапазоном варьирования признака от 298,6 до 508,2 мг/100 г. К перспективным источникам высокого содержания ФС отнесены сорта Этна, Афина, гибридные формы 79-01-1, 170-03-1, 360-05-1.

Доминирующей фракцией в комплексе биофлавоноидов плодов являются процианидины (66,0%), значительная доля приходится на флавонолы (22,8%), 10,8% – на катехины. В наименьшей степени представлены антоцианы (0,4%). Содержание процианидинов варьирует в диапазоне от 121,5 до 343,2 мг/100 г (в среднем 237,0 мг/100 г – здесь и далее), катехинов – от 20,1 до 82,8 мг/100 г (42,2 мг/100 г), флавонолов – от 53,0 до 152,9 мг/100 г (90,1 мг/100 г), антоцианов – от 0,3 до 4,0 мг/100 г (1,5 мг/100 г). Источниками повышенного содержания процианидинов в плодах признаны сорта Афина, Этна, Иня, гибридные формы – 170-03-1, 360-05-1, 79-01-1. Катехинами богаты ягоды сортов Этна, Афина, формы 79-01-1, флавонолами – плоды этих же сортов, а также гибридов 125-02-1, 170-03-1, 258-03-1. В плодах сортов Иня, Этна и форм 125-02-1, 125-02-2 установлено содержание антоцианов от 2 до 4 мг/100 г.

Уровень аккумуляции биофлавоноидов в сильной степени зависит от суммы активных температур периода вегетации культуры, выявлена прямая положительная корреляция их суммарного содержания с соответствующим показателем. Наибольшей стабильностью проявления обсуждаемого признака характеризовались сорт Этна, гибридные формы 360-05-1, 125-02-1, 79-01-1.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Ершова И.В. Оценка алтайских сортов и гибридов облепихи по биохимическому составу плодов // Достижения науки и техники АПК. 2009. 7. 11-12. <https://elibrary.ru/kyodkn>
2. Мезенова О.Я., Мёрзель Й.-Т., Воронцов С.А., Воронцов П.А. Оценка биопотенциала дикорастущей облепихи и перспектив ее комплексного использования // Вестник Международной академии холода. 2020. 3. 44-51. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2020-19-3-44-51>
3. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Смирнова-Иконникова М.И. Методы биохимического исследования растений. Л.: Агропромиздат, 1987. 430.
4. Нилова Л.П., Малютенкова С.М. Антиоксидантные комплексы облепихи крушиновидной (*Hippophaë rhamnoides* L.) северо-запада России // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2021. 83, 1. 108-114. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-108-114>
5. Самородова-Бианки Г.Б., Стрельцина С.А. Исследования биологически активных веществ плодов: методические указания. Л.: ВИР, 1989. 47.
6. Скуридин Г.М., Чанкина О.В., Легкодымов А.А., Креймер В.К., Багинская Н.В., Куценогий К.П. Микроэлементный состав тканей облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) // Известия Российской академии наук. Серия Физическая. 2013. 77, 2. 229-232. <https://elibrary.ru/puatuf>
7. Тринеева О.В., Рудая М.А., Сливкин А.И., Сафонова Е.Ф. Исследование фитохимического состава плодов облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) различных сортов // Химия растительного сырья. 2019. 1. 139-146. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019014213>
8. Тринеева О.В. Изучение химического состава плодов облепихи крушиновидной, произрастающей на территории Центрального Черноземья // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2023. 12, 1. 84-94. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-1-84-94>
9. Упадышев М.Т. Роль фенольных соединений в процессах жизнедеятельности садовых растений. М.: ВСТИСП, 2008. 320. <https://www.elibrary.ru/qkzjwr>
10. Тараховский Ю.С., Ким Ю.А., Абдрасилов Б.С., Музафаров Е.Н. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. Пушино: Synchronbook, 2013. 310.
11. Ширипнимбуева Б.Ц., Мяханова Н.Т., Будаева Н.А. Интенсивные сорта облепихи бурятской селекции // Современное садоводство. 2014. 3. 60-64. <https://elibrary.ru/svmtut>
12. Школьников М.Н., Аверьянова Е.В., Рожнов Е.Д., Баташов Е.С. Исследование антибактериальной активности флавоноидов облепихового шрота // Индустрия питания. 2020. 5, 3. 61-69. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2020-5-3-7>
13. Bittová M., Krejzová E., Roblová V. Monitoring of HPLC profiles of selected polyphenolic compounds in sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) plant parts during annual growth cycle and estimation of their antioxidant potential // Central European Journal of Chemistry. 2014. 12. 1152-1161. <https://doi.org/10.2478/s11532-014-0562-y>

14. Brno A.V. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) as a potential source of nutraceuticals and its therapeutic possibilities – A review // *Acta Veterinaria Brno*. 2015. 84. 257-268. <https://doi.org/10.2754/avb201584030257>
15. Criste A., Urcan A.C., Bunea A., Furtuna F.R.P., Olah N.-K., Madden R.H., Corcionivoschi N. Phytochemical composition and biological activity of berries and leaves from four Romanian Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Varieties // *Molecules*. 2020. 25, 5. 1170-1192. <https://doi.org/10.3390/molecules25051170>
16. Guo R., Guo X., Li T., Fu X., Liu R.H. Comparative assessment of phytochemical profiles, antioxidant and antiproliferative activities of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries // *Food Chemistry*. 2017. 221. 997-1003. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.063>
17. Dabrowskia G., Czaplickia S., Szustak M., Cichońska E., Gendas E., Konopka I. Composition of flesh lipids and oleosome yield optimization of selected sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) cultivars grown in Poland // *Food Chemistry*. 2022. 369. 130921. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130921>
18. Ma X., Yang W., Laaksonen O., Nylander M., Kallio H., Yang B. Role of flavonols and proanthocyanidins in the sensory quality of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2017. 65, 45. 9871-9879. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04156>
19. Mendelová A., Mendel L., Czako P., Mareček J. Evaluation of carotenoids, polyphenols content and antioxidant activity in the sea buckthorn fruit // *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2016. 10, 1. 59-64. <https://doi.org/10.5219/551>
20. Mihal M., Roychoudhury S., Sirotkin A.V. and Kolesarova A. Sea buckthorn, its bioactive constituents, and mechanism of action: potential application in female reproduction // *Frontiers in Endocrinology*. 2023. 14. 1244300. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1244300>
21. Olas B., Skalski B., Ulanowska K. The Anticancer activity of Sea buckthorn [*Elaeagnus rhamnoides* (L.) A. Nelson] // *Frontiers in Pharmacology*. 2018. 9. 232. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00232>
22. Suryakumar G., Gupta A. Medicinal and therapeutic potential of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) // *Journal of Ethnopharmacology*. 2011. 138, 2. 268-278. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.09.024>
23. Sytařova I., Orsavova J., Snopek L., Miček J. et al. Impact of phenolic compounds and vitamins C and E on antioxidant activity of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries and leaves of diverse ripening times // *Food Chemistry*. 2020. 310. 125784. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125784>

References

1. Ershova, I.V. (2009). Estimate of sea-buckthorn Altai varieties and hybrids in biochemical composition of fruits. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*, 7, 11-12. <https://elibrary.ru/kyodkn>. (In Russian, English abstract).
2. Mezenova, O.Ya., Mörsel, Y.-T., Vorontsov, S.A., & Vorontsov, P.A. (2020). Assessment of the biopotential of wild buckthorn and prospects of its integrated use. *Vestnik Mezhdunarodnoi Akademii Kholoda*, 3, 44-51. <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2020-19-3-44-51>. (In Russian, English abstract).
3. Ermakov, A.I., Arasimovich, V.V., Yarosh, N.P., Peryansky, Yu.V., Lukovnikova, G.A., & Smirnova-Ikonnikova, M.I. (1987). *Methods for the Biochemical Analysis of Plants*. Agropromizdat. (In Russian).
4. Nilova, L.P., & Malyutenkova, S.M. (2021). Antioxidant complexes of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) of northwest Russia. *Proceedings of the Voronezh State University of*

- Engineering Technologies*, 83(1), 108-114. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-108-114>. (In Russian, English abstract).
5. Samorodova-Bianki, G.B., & Streltsina, S.A. (1989). *The Research of Biologically Active Substances in Fruits: Methodological Guidelines*. VIR. (In Russian).
 6. Skuridin, G.M., Chankina, O.V., Legkodymov, A.A., Kreimer, V.K., Baginskaya, N.V., & Kutsenogiy, K.P. (2013). Trace element composition of common sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) tissues. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Fizicheskaya*, 77(2), 229-232. <https://elibrary.ru/puatuf>. (In Russian, English abstract).
 7. Trineeva, O.V., Rudaya, M.A., Slivkin, A.I., & Safonova, E.F. (2019). A study of the phytochemical composition of buckthorn berries (*Hippophaes rhamnoides* L.) of various varieties. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 1, 139-146. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019014213>. (In Russian, English abstract).
 8. Trineeva, O.V. (2023). Study of the Chemical Composition of the Fruits of Sea Buckthorn Rockthorn, Growing in the Territory of the Central Black Earth Region. *Drug development & registration*, 12(1), 84-94. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2023-12-1-84-94>. (In Russian, English abstract).
 9. Upadishev, M.T. (2008). *The Role of Phenolic Compounds in the Process of Life Activity of Garden Plants*. VSTISP. <https://www.elibrary.ru/qkzjwr>. (In Russian).
 10. Tarakhovskiy, Yu.S., Kim, Yu.A., Abdrasilov, B.S., & Muzafarov, E.N. (2013). *Flavonoids: Biochemistry, Biophysics, Medicine*. Synchrobook. (In Russian).
 11. Shiripnimbueva, B.Ts., Myakhanova, N.T., & Budaeva, N.A. (2014). Intensive sea buckthorn varieties of Buryat breeding. *Contemporary Horticulture*, 3, 60-64. <https://elibrary.ru/svmtut>. (In Russian, English abstract).
 12. Shkolnikova, M.N., Averyanova, E.V., Rozhnov, E.D., & Batashov, E.S. (2020). Antibacterial activity research of Sea Buckthorn meal flavonoids. *Food Industry*, 5(3), 61-69. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2020-5-3-7>. (In Russian, English abstract).
 13. Bittová, M., Krejzová, E., & Roblová, V. (2014). Monitoring of HPLC profiles of selected polyphenolic compounds in sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) plant parts during annual growth cycle and estimation of their antioxidant potential. *Central European Journal of Chemistry*, 12, 1152-1161. <https://doi.org/10.2478/s11532-014-0562-y>
 14. Brno, A.V. (2015). Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) as a potential source of nutraceuticals and its therapeutic possibilities – A review. *Acta Veterenaria Brno*, 84, 257-268. <https://doi.org/10.2754/avb201584030257>
 15. Criste, A., Urcan, A.C., Bunea, A., Furtuna, F.R.P., Olah, N.-K., Madden, R.H., & Corcionivoschi, N. (2020). Phytochemical composition and biological activity of berries and leaves from four romanian sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Varieties. *Molecules*, 25(5), 1170-1192. <https://doi.org/10.3390/molecules25051170>
 16. Guo, R., Guo, X., Li, T., Fu, X., & Liu, R.H. (2017). Comparative assessment of phytochemical profiles, antioxidant and antiproliferative activities of Sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries. *Food Chemistry*, 221, 997-1003. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.063>
 17. Dabrowskia, G., Czaplickia, S., Szustak, M., Cichońska, E., Gendas, E., & Konopka, I. (2022). Composition of flesh lipids and oleosome yield optimization of selected sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) cultivars grown in Poland. *Food Chemistry*, 369, 130921. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130921>
 18. Ma, X., Yang W., Laaksonen, O., Nylander, M., Kallio, H., & Yang, B. (2017). Role of flavonols and proanthocyanidins in the sensory quality of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(45), 9871-9879. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04156>

19. Mendelová, A., Mendel, L., Czako, P., & Mareček, J. (2016). Evaluation of carotenoids, polyphenols content and antioxidant activity in the sea buckthorn fruit. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 10(1), 59-64. <https://doi.org/10.5219/551>
20. Mihal, M., Roychoudhury, S., Sirotkin, A.V., & Kolesarova, A. (2023). Sea buckthorn, its bioactive constituents, and mechanism of action: potential application in female reproduction *Frontiers in Endocrinology*, 14, 1244300. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1244300>
21. Olas, B., Skalski B., & Ulanowska, K. (2018). The anticancer activity of Sea buckthorn [*Elaeagnus rhamnoides* (L.) A. Nelson]. *Frontiers in Pharmacology*, 9, 232. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00232>
22. Suryakumar, G., & Gupta, A. (2011). Medicinal and therapeutic potential of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *Journal of Ethnopharmacology*, 138(2), 268-278. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.09.024>
23. Sytařova, I., Orsavova, Ja., Snopek, L., Mlček, J., Byczynski, L., & Misurcova, L. (2020). Impact of phenolic compounds and vitamins C and E on antioxidant activity of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries and leaves of diverse ripening times. *Food Chemistry*, 310, 125784. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125784>

Автор:

Инесса Васильевна Ершова, кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории промышленных технологий отдела НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», inessers@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-3200-6020
SPIN: 7572-5386

Author:

Inessa V. Ershova, PhD in biological sciences, associate professor, lead researcher, head of the laboratory of industrial technologies in M.A. Lisavenko Research Institute branch of Federal Altai Scientific Centre of Agro-Biotechnologies, inessers@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-3200-6020
SPIN 7572-5386

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

УДК 634.11:631.82

Влияние комбинированных систем минерального питания на продуктивность сортов яблони и экономическую эффективность их примененияМ.Ю. Азарова¹ , А.Ю. Ожередова¹, Е.А. Устименко¹, О.С. Зверева¹¹ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» 355017, пер. Зоотехнический, д. 12, г. Ставрополь, Россия, inf@stgau.ru**Аннотация**

Яблоня занимает основное место в сельскохозяйственном производстве фруктов в нашей стране и Ставропольском крае. Повышение ее продуктивности является главной задачей продовольственной безопасности и уменьшения объемов закупаемой импортной продукции плодовых культур. Цель настоящего исследования - изучение влияния систем минерального питания на количество плодиков, оставшихся после третьей волны опадения, а также среднюю массу плода, урожайность сортов яблони и экономическую эффективность применения таких систем питания. Опыт включает 2 фактора: фактор А – система питания (контроль (без удобрений); система фертигации; комбинированная система (фертигация + листовая подкормка)), фактор В – сорта яблони (Фуджи, Голден Делишес, Гала). Опыт проведен на территории ООО Научно-производственное объединение Агропарк «Красочное», расположенного на территории Ипатовского городского округа Ставропольского края, в период 2023...2025 гг. Схема посадки 3,5 × 0,8 м. Повторность опыта 3-кратная. На учетных делянках учитывалось по 10 наиболее типичных плодовых деревьев в средней части ряда. Площадь питания десяти наиболее типичных плодовых деревьев на одной учетной делянке – 28 м², общая площадь опыта – 756 м². Проведение полевых и лабораторных исследований, математической обработки данных согласовано с действующими ГОСТ и методиками. Результаты исследований доказан достоверный прирост количества плодиков, оставшихся на плодовом дереве после третьей волны опадения, при применении комбинированной системы питания относительно контроля. Увеличение средней массы плода, урожайности отмечено по всем сортам на третьем варианте опыта (фертигация + листовая подкормка), где преобладающие показатели зафиксированы по сорту Голден Делишес (средняя масса плода равна 248 г, урожайность – 20,5 т/га). Определена весьма высокая взаимосвязь урожайности всех сортов яблони с количеством плодиков и средней массой плода. Применение комбинированных систем минерального питания рентабельно в производственных условиях (162% по сорту Фуджи, 234% – Голден Делишес, 135% – Гала).

Ключевые слова: яблоня, плодики, минеральные удобрения, фертигация, листовая подкормка

The impact of combined mineral nutrition systems on the productivity of apple varieties and the economic efficiency of their useM.Yu. Azarova¹ , A.Yu. Ozheredova¹, E.A. Ustimenko¹, O.S. Zvereva¹¹Stavropol State Agrarian University, 355017, Zootekhnicheskoe Lane, 12, Stavropol, Russia, inf@stgau.ru**Abstract**

The apple tree occupies a key position in agricultural fruit production in our country and the Stavropol territory. Increasing its productivity is a key objective for food security and minimizing the

volume of imported fruits. The aim of the study was to investigate the influence of combined mineral nutrition systems on the number of ovaries after the third wave of fruit drop, the average fruit weight, the productivity of apple varieties and the economic efficiency of using such nutrition systems. The experiment includes two factors: factor A – nutrition system (control (without fertilizers); fertigation system; combined system (fertigation + foliar feeding)), factor B – apple varieties (Fuji, Golden Delicious, Gala). The experiment was conducted on the territory of the Scientific and Production Association Agropark «Krasochnoe» located in the Ipatovsky urban district of Stavropol territory in 2023—2025. The planting pattern was $3,5 \times 0,8 \text{ m}^2$. The experiment was repeated 3 times. Ten of the most typical fruit trees in the middle of the row were counted in the sample plots. The sample plot area was 28 m^2 and the total experimental area was 504 m^2 . Field and laboratory studies, as well as mathematical data processing, were conducted in accordance with current state standards and methods. The research results demonstrated a significant increase in the number of ovaries remaining on a fruit tree after the third wave of fruit drop when using a combined nutrition system compared to the control. An increase in the average fruit weight and yield was noted for all varieties in the third variant of the experiment (fertigation + foliar feeding) where the predominant indicators were recorded for the Golden Delicious variety (average fruit weight 248 g, yield 20.5 t/ha). A very high correlation was found between yield for all apple varieties, the number of ovaries, and average fruit weight. The use of combined mineral nutrition systems is cost-effective under production conditions (162% for Fuji, 234% for Golden Delicious and 135% for Gala).

Key words: apple tree, ovary, mineral fertilizers, fertigation, foliar feeding

Введение

Лидирующее место в сельскохозяйственном производстве фруктов на территории нашей страны принадлежит яблоне, на долю которой приходится 200 тыс. га. В границах Ставропольского края площадь плодоносящих яблоневых садов составляет 4,3 тыс. га.

Уровень продуктивности яблони зависит от складывающихся погодно-климатических условий, сорта, разработанной системы минерального питания и др. Комбинированные системы минерального питания влияют на урожайность яблони, увеличивая среднюю массу плодов, а также оказывает воздействие на их химический состав. Сбалансированное применение макро- и микроэлементов, таких как азот, фосфор, калий и бор, а также хелатных форм микроэлементов способствует росту урожайности и улучшению потребительских свойств плодов, делая их более устойчивыми к болезням и вредителям (Шкуркин, 2023).

Обеспеченность различных сортов яблони минеральными элементами питания зависит от почвенно-климатических условий, а потребность в них дифференцирована в течение всего вегетационного периода. Кроме того, потребление агрохимических веществ варьируется в зависимости от сортовых характеристик, интенсивности плодоношения и других факторов. В связи с чем разрабатываемая система удобрений должна не только обеспечивать потребность в питании плодовых деревьев и компенсировать их вынос, но и учитывать сбалансированное потребление минеральных элементов в зависимости от межфазных особенностей развития (Трунов, 2005; Онищенко, Дорошенко, 2023).

В агрономической практике интенсивных садов наблюдаются ключевые проблематики, связанные с минеральным питанием растений. Основные из них заключаются в недостатке или чрезмерном количестве питательных веществ. Такие состояния могут быть обусловлены повышенными потребностями молодых плодовых деревьев в питательных веществах (Онищенко и др., 2024).

Применение фертигации в засушливых условиях Ставропольского края позволяет вносить необходимые элементы питания в течение вегетационного периода, одновременно

способствуя оптимальному уровню влажности почвы (Овчинников, Рябичева, 2015). Такой способ значительно уменьшает миграцию составляющих веществ минеральных удобрений за границы корнеобитаемого слоя (Гришутина, 2003). В ходе многолетнего опыта доказано, что фертигация влияет на увеличение массы плодов яблони до 265,7 г и урожайности до 12,7 т/га, а без удобрения показатели ниже и равны 257,7 г и 10,7 т/га соответственно (Айсанов и др., 2023).

Применение листовой подкормки, в свою очередь, способствует эффективному поглощению ассимиляционной поверхностью необходимых элементов питания для поддержания оптимальных показателей роста и развития плодового дерева (Фоменко, 2008; Фоменко и др., 2017). Такую же точку зрения поддерживает и К. Mengel (2002), утверждая, что листовое питание играет значимую роль в процессе оптимизации системы удобрений, поскольку обеспечивает прямое поступление питательных веществ в растения через их листья на ранних стадиях развития, улучшая их физиологическое состояние и, как следствие, увеличивая урожайность и качество продукции. В условиях Ставропольского края применение кальцийсодержащих и микроудобрений при внекорневых подкормках способствует увеличению урожайности плодовых культур до 18 т/га (Левшаков, Смиренин, 2019; Айсанов и др., 2022б).

Целью исследований стало изучение влияния систем минерального питания на количество плодиков, оставшихся после третьей волны опадения, а также среднюю массу плода, урожайность сортов яблони (Фуджи, Голден Делишес и Гала) и экономическую эффективность применения таких систем питания.

Материалы и методы

Исследования проводились на территории интенсивного сада ООО Научно-производственное объединение Агропарк «Красочное» Ипатовского городского округа Ставропольского края в период 2023...2025 гг.

Почвенный покров опытного участка представлен черноземами южными карбонатными мощными слабогумусированными слабодетрированными тяжелосуглинистыми на лессовидных тяжелых суглинках. По результатам лабораторных исследований, проведенных в 2022 г., плотность первого метрового слоя почвы равна 1,22...1,31 г/см³, что характеризует почвы как рыхлые (по Неговелову, Валькову), а во втором метровом слое – 1,29...1,45 г/см³ (рыхлые, рыхловатые и плотноватые). Основная агрохимическая характеристика корнеобитаемого слоя представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты агрохимического анализа учетных делянок (2022 г.)

Глубина взятия почвенного образца, см	рН метод определения рН водной вытяжки (ГОСТ 26423-85)	Подвижный фосфор, мг/кг почвы по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91)	Подвижный калий, мг/кг почвы по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91)	Органическое вещество, % по методу И.В. Тюрина (вариант ЦИНАО) (ГОСТ 26213-91)
0...20	8,0	38	393	2,92
20...40	8,5	9	270	2,18
40...60	8,5	<9	258	1,93
60...70	8,5	9	283	1,73
70...90	8,7	<9	235	1,30
90...130	8,8	<9	235	1,09
130...170	9,2	15	200	0,95

Чернозем южный характеризуется щелочной реакцией почвенного раствора; низким уровнем обеспеченности органическим веществом; повышенным содержанием подвижного фосфора в слое почвы 0...20 см (38 мг/кг почвы) и очень низким в слое почвы 20...130 см (9 мг/кг почвы), низким – 130...170 см (15 мг/кг почвы); повышенным содержанием подвижного калия в слое почвы 0...20 см (393 мг/кг почвы) и средним – 20...170 см (200...283 мг/кг почвы).

Объект исследований – сорта яблони: Фуджи, Голден Делишес и Гала. Предмет исследований – оптимизация минерального питания. Опыт двухфакторный: фактор А – система питания, фактор В – сорта яблони.

Сад заложен в 2019 г. Схема посадки 3,5 × 0,8 м. Повторность опыта 3-кратная. На учетных делянках учитывалось по 10 наиболее типичных плодовых деревьев в средней части ряда. Площадь питания десяти наиболее типичных плодовых деревьев на одной учетной делянке – 28 м², общая площадь опыта – 756 м².

Фактор А – системы минерального питания, разработанные авторами. Контроль – естественный агрохимический фон; система фертигации (9 фертигаций); комбинированная система минерального питания (система фертигации (9 фертигаций) + система листовой подкормки (22 подкормки)).

Внесение минеральных удобрений путем фертигации осуществляли в середине цикла полива в течение получаса, затем продолжался полив около 40 мин с целью повышения влажности корнеобитаемого слоя до оптимального уровня, а также очистки капельных линий поливной водой.

Для успешного роста и формирования плодовых образований деревьям яблони необходимо сбалансированное питание, включающее различные минеральные элементы (Попов и др., 2022). Фертигация и листовая подкормка проводились с использованием минеральных удобрений: Агромастер 20:20:20 (N – 20%, P₂O₅ – 20%, K₂O – 20%, Fe – 0,12%, Mn – 0,08%, B – 0,04%, Zn – 0,05%, Cu – 0,03%, Mo – 0,01%), Агромастер 13:40:13 (N – 13%, P₂O₅ – 40%, K₂O – 13%, SO₃ – 3%, Fe – 0,12%, Mn – 0,08%, B – 0,04%, Zn – 0,05%, Cu – 0,03%, Mo – 0,01%), Бороплюс (B – 15%), Монокалия фосфат (P₂O₅ – 52%, K₂O – 34%), Нитрат Кальция (N – 14,9%, CaO – 27%), Агромастер 18:18:18+3 (N – 18%, P₂O₅ – 18%, K₂O – 18%, MgO – 3%, SO₃ – 6%, Fe – 0,12%, Mn – 0,08%, B – 0,04%, Zn – 0,05%, Cu – 0,03%, Mo – 0,01%), Изагри Цинк (Zn – 12,43%, SO₃ – 4,88%, P₂O₅ – 2,28%, N – 1,2%), Изагри Кальций (CaO – 13,5%, N – 8,0%, MgO – 2,0%, B – 0,05%), Изагри Бор (B – 12,32%, N – 5,5%, SO₃ – 5,2%, Mo – 1,0%), Кальциевая селитра (CaO – 26,3%, N – 14,5%, B – 0,3%), Изагри Магний (MgO – 11,5%, P₂O₅ – 10,0%, N – 2,5%), Изагри Фосфор (P₂O₅ – 20,5%, N – 7,0%, K₂O – 5,0%, MgO – 0,12%, SO₃ – 1,2%, Zn – 0,25%, Cu – 0,1%, Fe – 0,12%, Mg – 0,06%, B – 0,32%, Mo – 0,05%, Co – 0,01%, Se – 0,001%), Изагри Калий (K₂O – 15,2%, P₂O₅ – 6,6%, N – 6,6%, SO₃ – 4,6%, Mn – 0,33%, Cu – 0,12%, Zn – 0,07%, Fe – 0,07%, Mo – 0,07%, B – 0,01%, Se – 0,003%, Co – 0,001%).

Системы фертигации и листовой подкормки (фактор А) представлены в таблицах 2 и 3.

Фактор В – сорта яблони (Фуджи, Голден Делишес, Гала).

Фуджи. Включен в Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию (далее Госреестр) в 2022 году по Северо-Кавказскому региону.

Голден Делишес. Включен в Госреестр в 1965 году по Северо-Кавказскому региону и Калининградской области Северо-Западного региона.

Гала. Включен в Госреестр РФ с 2014 года по Северо-Кавказскому региону РФ.

Таблица 2 – Система фертигации сортов яблони (плодоносящий семечковый сад)

Месяц	Фаза развития	Наименование удобрения	Норма расхода, кг(л)/га
Апрель	Начало вегетации	Агромастер 20:20:20	5,0
	Розовый бутон	Агромастер 13:40:13	5,0
		Бороплюс	2,0
Май	Плод лещина	Агромастер 20:20:20	5,0
	Рост плодов	Монокалия фосфат	5,0
Июнь	Рост плодов	Нитрат кальция	10,0
		Агромастер 20:20:20	5,0
		Монокалия фосфат	5,0
Июль	Созревание	Агромастер 18:18:18+3	5,0

Таблица 3 – Система листовой подкормки яблони (плодоносящий семечковый сад)

Месяц	Фаза развития	Наименование удобрения	Норма расхода, кг(л)/га
Апрель	Зеленый конус	Изагри Цинк	1,5
		Изагри Кальций	3,0
	Выдвижение бутонов	Изагри Бор	1,5
		Изагри Бор	1,5
		Изагри Кальций	3,0
Май	Конец цветения	Кальциевая селитра	2,0
		Изагри Кальций	3,0
		Изагри Магний	1,0
	Плод лещина	Изагри Бор	1,5
		Изагри Кальций	3,0
Июнь	Плод 30 мм	Агромастер 20:20:20	2,0
		Изагри Магний	1,0
	Через 7...10 дней	Изагри Кальций	3,0
		Агромастер 20:20:20	2,0
		Изагри Фосфор	2,0
Июль	1 неделя	Изагри Кальций	3,0
	4 неделя	Изагри Калий	2,0
Август	Созревание плодов	Изагри Кальций	3,0
		Изагри Калий	2,0
Сентябрь	Перед уборкой	Изагри Кальций	3,0
Октябрь	После уборки	Изагри Цинк	0,5
		Изагри Бор	1,5

В почвенных образцах агрохимические показатели определяли по следующим нормативным документам: плотность почвы согласно ГОСТ 5180-2015; подвижные соединения фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91); органическое вещество (гумус) по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91); pH (ГОСТ 26483-85). Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли корреляционно-регрессионным методом (Доспехов, 1985) и при помощи 2-х факторного дисперсионного анализа. Сила взаимосвязи между показателями определялась по шкале Чеддока (Chaddock, 1925). Урожайность определяли согласно Н.Г. Красовой и др., (1999).

В период исследований среднегодовая температура воздуха в 2023 г. составляла 13,1°C при сумме осадков за год 384 мм, в 2024 г. – 13,7°C и сумме осадков 214 мм, в 2025 г. – 10,0°C и сумме осадков 286 мм. В целом, температурный режим возрастал к 2024 учетному году и снизился к 2025 г. Оптимальная температура в период активной вегетации сортов яблони зафиксирована в 2024 г., наиболее неблагоприятные условия отмечены в

2025 г., где наблюдались ранневесенние заморозки, что отразилось на среднемесячной температуре в апреле (9,3°C, что в два раза ниже прошлогоднего показателя).

Результаты и обсуждение

Анализируя влияние систем минеральных удобрений на количество плодиков, первоначально сформированных и оставшихся после третьего этапа опадения, следует вывод, что комбинированная система достоверно оказывает положительное воздействие на изучаемый показатель (таблица 4). Количество опавших плодиков зависит от различных факторов, таких как сорт яблони, ее возраст, погодно-климатические условия, а также технологические операции возделывания.

Таблица 4 – Влияние комбинированных систем минеральных удобрений на динамику количества плодиков различных сортов яблони, шт/дерево (среднее за 2023...2025 гг.)

Система минерального питания (фактор А)	Этапы опадения плодиков	Сорта яблони (фактор В)			А НСР ₀₅ = 7,3
		Фуджи	Голден Делишес	Гала	
Контроль (без удобрений)	I	198	220	158	192
	II	127	147	92	122
	III	65	75	57	66
Система фертигации	I	212	235	169	205
	II	144	165	105	138
	III	98	101	61	87
Комбинированная система (фертигация+система листовой подкормки)	I	228	250	189	222
	II	171	192	134	166
	III	121	137	92	117
В НСР ₀₅ = 7,3		152	169	117	АВ НСР ₀₅ = 8,2

Анализ вариантов опыта показал, что с увеличением количества фертигаций и листовых подкормок увеличивается количество первоначально сформированных плодиков и уменьшается число опавших, что оказывает благоприятное воздействие на получаемую хозяйственную урожайность в последующем.

Средняя масса плодов всех сортов яблони достоверно увеличивалась по вариантам опыта, максимальный показатель наблюдался при применении комбинированной системы минерального питания (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние комбинированных систем минеральных удобрений на среднюю массу плода различных сортов яблони, г (среднее за 2023...2025 гг.)

Система минерального питания (фактор А)	Сорта яблони (фактор В)			А НСР ₀₅ = 9,4
	Фуджи	Голден Делишес	Гала	
Контроль (без удобрений)	163	182	150	165
Система фертигации	192	215	183	197
Комбинированная система (фертигация+система листовой подкормки)	227	248	210	228
В НСР ₀₅ =9,7		194	215	181
				АВ НСР ₀₅ = 10,9

Оптимизация системы минерального питания способствует повышению массы плодов (Смирнов, Чумаков, 2020). По мнению V. Treder (2006) применение фертигации азотом и

комплексными удобрениями приводит к увеличению массы плодов сорта Гала на 17%. Т.С. Айсанов с соавторами (2022а) доказали, что прирост массы плода яблони сорта Гала составляет 6,8 г по отношению к контролю (без удобрений), сорта Голден Делишес – 4,4 г. Однако, в наших экспериментальных условиях применение системы фертигации позволило увеличить анализируемый показатель на 33 г в отношении сорта Голден Делишес и Гала, на 29 г – сорт Фуджи. А комбинированная система удобрений (система фертигации + система листовой подкормки) обеспечивает прирост средней массы плода по отношению к контролю (без удобрений) на 64 г по сорту Фуджи, на 66 г – по сорту Голден Делишес, на 60 г – по сорту Гала. В то время как прирост средней массы плода по второму варианту опыта равен 29 г, 33 г и 33 г соответственно.

Важнейшим этапом оценки эффективности применения комбинированных систем питания является учет урожайности (Айсанов и др., 2020). Поскольку опыты проводились на территории молодого плодоносящего сада, то заметна относительно невысокая его урожайность, в связи с началом плодоношения плодовых деревьев (Попова, 2005; Трунов и др., 2011). Средняя урожайность сортов яблони за период исследований 2023...2025 гг. представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Влияние комбинированных систем минеральных удобрений на урожайность различных сортов яблони, т/га (среднее за 2023...2025 гг.)

Система минерального питания (фактор А)	Сорта яблони (фактор В)			А НСР ₀₅ = 2,1
	Фуджи	Голден Делишес	Гала	
Контроль (без удобрений)	12,7	14,1	10,1	12,3
Система фертигации	15,4	17,8	13,2	15,5
Комбинированная система (фертигация+система листовой подкормки)	17,1	20,5	15,8	17,8
В НСР ₀₅ = 2,1	15,1	17,5	13,0	AB НСР ₀₅ = 2,2

Как известно, фертигация является одним из наиболее эффективных способов внесения минеральных удобрений, так как возрастает эффективность питания за счет оптимизации дозировки с учетом исходных результатов агрохимического обследования почвенного слоя и сортовых особенностей (Айсанов и др., 2022а). А в комбинации с листовой подкормкой позволяет получить наивысшую продуктивность сортов яблони, превышающей контроль (без удобрений) более чем 30% (Онищенко, 2024). Прибавка урожайности по третьему варианту опыта (система фертигации + листовая подкормка) в сравнении с контролем составила по сорту Фуджи 4,4 т/га, по сорту Голден Делишес – 6,4 т/га и по сорту Гала – 5,7 т/га, а по второму варианту – 2,7 т/га, 3,7 т/га и 3,1 т/га соответственно.

По мнению Е.Н. Иваненко с соавторами (2019) некорневые многокомпонентные подкормки способствуют прибавке урожайности. Однако, путем проведения ряда экспериментальных опытов доказано, что в агроклиматических условиях Ставропольского края получение максимальной урожайности сортов яблони возможно при учете всех макро- и микроэлементов, необходимых в течение вегетации плодового дерева (Айсанов и др., 2023).

Сила взаимосвязи между урожайностью сортов яблони и количеством плодиков, оставшимися после третьей волны опадения, и средней массой плода оценивается как весьма высокая, равная 0,988 и выше.

Уравнение регрессии ($R^2 = 0,998$), позволяющее рассчитать прогнозную урожайность, принимает вид:

- для сорта Фуджи: $Y = 0,85 + 0,06x_1 + 0,03x_2$ (1);
- для сорта Голден Делишес: $Y = -13,15 - 0,1x_1 + 0,19x_2$ (2);
- для сорта Гала: $Y = 1,14 - 0,062x_1 + 0,08x_2$ (3),

где: Y – урожайность сорта яблони, т/га; x_1 – количество плодиков, оставшихся после третьей волны опадения, шт./дерево; x_2 – средняя масса плода при сборе урожая, г.

Затраты на применяемые удобрения дифференцированы по вариантам, однако, одинаковы в отношении сортов яблони. Аналогичная тенденция заметна и по издержкам производства. Значительна разница в прибыли с 1 га между сортами, что напрямую связано с уровнем урожайности плодовой продукции (таблица 7).

Таблица 7 – Экономическая эффективность применения комбинированных систем минеральных удобрений (среднее за 2023...2025 гг.)

Наименование показателя	Сорт								
	Фуджи			Голден Делишес			Гала		
	Варианты опыта								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Урожайность, т/га	12,7	15,4	17,1	14,1	17,8	20,5	10,1	13,2	15,8
Затраты на удобрения, тыс. руб./га	-	15,8	38,1	-	15,8	38,1	-	15,8	38,1
Издержки на производство, тыс. руб./га	287,2	319,9	335,7	287,2	319,9	335,7	287,2	319,9	335,7
Выручка от продаж, тыс. руб./га	635,0	770,0	855,0	705,0	890,0	1025,0	505,0	660,0	790,0
Прибыль, тыс. руб./га	347,8	450,1	519,3	417,8	570,1	689,3	217,8	340,1	454,3
Уровень рентабельности, %	139	150	162	177	204	234	75	106	135

Итак, экономическая эффективность возделывания сорта Голден Делишес была максимальной, что составило по третьему варианту опыта 689,3 тыс. руб./га (на 49% выше по отношению к контролю) при уровне рентабельности 234%. Показатели по сорту Фуджи равны 519,3 тыс. руб./га (на 64% выше по отношению к контролю) и 162% соответственно, а по сорту Гала – 454,3 тыс. руб./га (на 108% выше по отношению к контролю) и 135% соответственно.

Выводы

Урожайность сортов яблони зависела от выбранной системы минерального питания. Результаты исследования показали, что применение комбинированной системы минерального питания способствовало значительному повышению урожайности плодовых деревьев.

Так, наибольшей урожайностью характеризовался сорт Голден Делишес (в среднем за 2023...2025 гг. – 20,5 т/га), наименьшей – сорт Гала (15,8 т/га). Корреляционно-регрессионная зависимость урожайности сортов яблони и количества плодиков, оставшихся после третьей волны опадения, и средней массой плодов идентифицировалась как весьма высокая. Применение комбинированных систем удобрений позволило увеличить уровень рентабельности в сравнении с контролем, что составило 162% по сорту Фуджи, 234% – Голден Делишес, 135% – Гала.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Айсанов Т.С., Голосной Е.В., Коростылев С.А., Громова Н.В. Урожайность зимних сортов яблони в зависимости от доз удобрения на черноземе выщелоченном в условиях

- Ставропольской возвышенности // Садоводство и виноградарство. 2020. 1. 33-38. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-1-33-38>
2. Айсанов Т.С., Романенко Е.С., Селиванова М.В., Есаулко Н.А., Герман М.С. Оценка эффективности фертигации при возделывании сортов яблони в саду интенсивного типа Центрального Предкавказья // Вестник КрасГАУ. 2022а. 12. 42-48. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-12-42-48>
 3. Айсанов Т.С., Романенко Е.С., Селиванова М.В., Есаулко Н.А., Горяников Ю.В. Влияние внекорневой подкормки кальцийсодержащими удобрениями на продуктивность сортов яблони в условиях зоны неустойчивого увлажнения // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022б. 59-3. 28-34. <https://www.elibrary.ru/qougbj>
 4. Айсанов Т.С., Селиванова М.В., Романенко Е.С., Есаулко Н.А., Новак М.С. Эффективность доз минеральных удобрений яблони в саду интенсивного типа на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности // Земледелие. 2023. 6. 19-22. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-6-19-22>
 5. Гришутина Т.Н. Повышение урожайности и качества плодов яблони на клоновых подвоях за счет оптимизации почвенного питания в молодом саду // Вестник РАСХН. 2003. 2. 42-45.
 6. Иваненко Е.Н., Дроник А.А., Александрова Т.И. Генеративная деятельность плодовых культур под влиянием агрохимических средств нового поколения // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: материалы конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2019. 358-364. <https://www.elibrary.ru/cbbvxj>
 7. Красова Н.Г., Куминов Е.П., Джигадло Е.Н., Князев С.Д. Изучение сортов по урожайности // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел: ВНИИСПК, 1999. 149-154. <https://www.elibrary.ru/yhapkx>
 8. Овчинников А.С., Рябичева Н.В. Влияние режимов капельного орошения на продуктивность интенсивного яблоневого сада на шпалерной опоре // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. 2. 40-46. <https://www.elibrary.ru/tzbtuz>
 9. Онищенко Ю.А. Влияние доз минеральных удобрений на продуктивность сортов яблони в интенсивных насаждениях Южного региона России // Устойчивость почвенного покрова и продуктивность экосистем: материалы Межрегиональной научной конференции. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2024. 149-153. <https://www.elibrary.ru/qbhvip>
 10. Онищенко Ю.А., Дорошенко Т.Н. Особенности формирования урожая яблони в уплотненных насаждениях юга европейской России в зависимости от дозы минеральных удобрений // Актуальные вопросы научно-технического развития агропромышленного комплекса: материалы конференции. Махачкала: ФАНЦ Республики Дагестан, 2023. 200-204. <https://www.elibrary.ru/utapki>
 11. Онищенко Л.М., Разгулин В.А., Голубова В.К. Минеральное питание плодоносящих деревьев яблоневого сада в условиях Юга Азово-Кубанской низменности Западного Предкавказья // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: материалы конференции. Курск: Курский ФАНЦ, 2024. 207-211. <https://www.elibrary.ru/vhtalu>
 12. Попов В.Г., Панфилов А.В., Панфилова Е.Г., Марискин Р.В. Влияние орошения и минерального питания на продуктивность деревьев яблони // Аграрные конференции. 2022. 2. 11-17. <https://www.elibrary.ru/tiqgsf>

13. Попова В.П. Агроэкологические аспекты формирования продуктивных садовых экосистем: монография. Краснодар: СКНИИСиВ. 2005. 242. <https://www.elibrary.ru/pybrhz>
14. Левшаков Л.В., Смиренин О.А. Значение некорневых подкормок для оптимизации комплексной системы питания молодого яблоневого сада // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. 9. С. 30-38. <https://www.elibrary.ru/siaorl>
15. Смирнов Р.В., Чумаков С.С. Перспективы применения комбинированной системы минерального питания саженцев яблони в условиях современного питомника // Субтропическое и декоративное садоводство. 2020. 73. 173-180. <https://www.elibrary.ru/qltmhi>
16. Трунов Ю.В. Минеральное питание плодовых растений и баланс элементов в агроэкосистемах // Вестник РАСХН. 2005. 2. С. 55-57. <https://www.elibrary.ru/hrvtyb>
17. Трунов Ю.В., Цуканова Е.М., Ткачев Е.Н., Грезнев О.А., Сергеева Н.Н. Активизация адаптационных механизмов растений яблони под влиянием специальных удобрений // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2011. 12. 78-89. <https://www.elibrary.ru/mxqsje>
18. Фоменко Т.Г. Удобрение яблони при капельном орошении плодовых насаждений // Параметры адаптивности многолетних культур в современных условиях развития садоводства и виноградарства: материалы конференции. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2008. 120-123. <https://www.elibrary.ru/rmmdvj>
19. Фоменко Т.Г., Попова В.П., Пестова Н.Г. Черников Е.А. К методике агрохимического обследования плодовых насаждений интенсивного типа и расчета дифференцированных доз применения минеральных удобрений // Агрохимия. 2017. 3. 79-91. <https://www.elibrary.ru/ykuoth>
20. Шкуркин С.И. Минеральные удобрения как фактор интенсификации садоводства в России // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2023. 10. 148-156. <https://doi.org/10.33938/2310-148>
21. Mengel K. Alternative or complementary role of foliar supply in mineral nutrition // Acta Horticulturae. 2002. 594. 33-47. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.594.1>
22. Treder V. Influence of fertigation with nitrogen and complex fertilizer on the growth and productivity of the Gala apple tree // Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 2006. 14. 143-154. http://www.nawadnianie.inhort.pl/add/article/Full15_2006.pdf

References

1. Aisanov, T.S., Golosnoy E.V., Korostylev S.A., & Gromova N.V. (2020). Yield of apple winter varieties depending on fertilizer doses in conditions of leached chernozem of Stavropol upland. *Horticulture and Viticulture*, 1, 33-38. <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-1-33-38>. (In Russian, English abstract).
2. Aisanov, T.S., Romanenko, E.S., Selivanova, M.V., Esaulko, N.A., & German, M.S. (2022a). Fertigation efficiency estimation in cultivating apple varieties in the intensive type garden of the Central Ciscaucasia. *Bulletin of KSAU*, 12, 42-48. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-12-42-48>. (In Russian, English abstract).
3. Aisanov, T.S., Romanenko, E.S., Selivanova, M.V., Esaulko, N.A., & Goryanikov, Yu.V. (2022b). Influence of foliar fertilization with calcium-containing fertilizers on the productivity of apple varieties in the conditions of unstable moistening zone. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*, 59-3, 28-34. <https://www.elibrary.ru/qougbj>. (In Russian, English abstract).
4. Aisanov, T.S., Selivanova, M.V., Romanenko, E.S., Esaulko, N.A., & Novak, M.S. (2023). The effectiveness of doses of mineral fertilizers for apple trees in an intensive garden on leached

- chernozem of the Stavropol Upland. *Agriculture*, 6, 19-22. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-6-19-22>. (In Russian, English abstract).
5. Grishutina, T.N. (2003). Increasing the yield and quality of apple fruits on clonal rootstocks by optimizing soil nutrition in a young orchard. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, 2, 42-45. (In Russian, English abstract).
 6. Ivanenko, E.N., Dronik, A.A., Aleksandrova, T.I. (2019). Generative activity of fruit crops under the influence of new generation agrochemicals. In *Agro-Industrial Complex Development Based on the Principles of Rational Use of Natural Resources and the Use of Convergent Technologies: conference proceedings* (pp. 358-364). Volgograd State Agrarian University. <https://www.elibrary.ru/cbbvxj>. (In Russian).
 7. Krasova, N.G., Kuminov, E.P., Dzhigadlo, E.N., & Knyazev, S.D. (1999). Study of varieties by yield. In *Program and Methods of Variety Study of Fruit, Berry and Nut Crops* (pp. 149-154). VNIISP. <https://www.elibrary.ru/yhpkx>. (In Russian).
 8. Ovchinnikov, A.S., & Ryabicheva, N.V. (2015). Influence of drip irrigation regimes on the productivity of an intensive apple orchard on a trellis support. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*, 2, 40-46. <https://www.elibrary.ru/tzbtuz>. (In Russian).
 9. Onishchenko, Yu.A. (2024). The effect of doses of mineral fertilizers on the productivity of apple varieties in intensive plantations of the southern region of Russia. In *Soil Cover Stability and Ecosystem Productivity: conference proceedings* (pp. 149-153). Krasnoyarsk State Agrarian University. <https://www.elibrary.ru/qbhvip>. (In Russian, English abstract).
 10. Onishchenko, Yu.A., & Doroshenko, T.N. (2023). Features of apple harvest formation in compacted plantings of Southern European Russia depending on the dose of mineral fertilizers. In *Actual Issues of Scientific and Technical Development of the Agro-Industrial Complex: conference proceedings* (pp. 200-204). Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan. <https://www.elibrary.ru/utapki>. (In Russian, English abstract).
 11. Onishchenko, L.M., Razgulin, V.A., & Golubova, V.K. (2024). Mineral nutrition of fruit-bearing trees of the apple orchard in the conditions of the South of the Azov-Kuban lowland of the Western Caucasus. In *Actual Problems of Soil Science, Ecology and Agriculture: conference proceedings* (pp. 207-211). Kursk Federal Agrarian Research Center. <https://www.elibrary.ru/vhtalu>. (In Russian, English abstract).
 12. Popov, V.G., Panfilov, A.V., Panfilova, E.G., & Mariskin, R.V. (2022). Impact of irrigation and mineral nutrition on productivity apple trees. *Agrarian Conferences*, 2, 11-17. <https://www.elibrary.ru/tiqgfs>. (In Russian, English abstract).
 13. Popova, V.P. (2005). *Agroecological Aspects of the Formation of Productive Garden Ecosystems*. SKNIIS&V. <https://www.elibrary.ru/pybrhz>. (In Russian).
 14. Levshakov, L.V., & Smirenin, O.A. (2019). The importance of non-root fertilizing to optimize the complex nutrition system of a young apple orchard. *Kursk State Agricultural Academy Bulletin*, 9, 30-38. <https://www.elibrary.ru/siaorl>. (In Russian, English abstract).
 15. Smirnov, R.V., & Chumakov, S.S. (2020). Prospects of applying a combined mineral nutrition system for apple seedlings in a modern nursery. *Subtropical and Ornamental Gardening*, 73, 173-180. <https://www.elibrary.ru/qltmhi>. (In Russian, English abstract).
 16. Trunov, Yu.V. (2005). Mineral nutrition of fruit plants and balance of elements in agroecosystems. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, 2, 55-57. <https://www.elibrary.ru/hrvtyb>. (In Russian, English abstract).
 17. Trunov, Yu.V., Tsukanova, E.M., Tkachev, E.N., Greznev, O.A., & Sergeeva, N.N. (2011). Activation of adaptive mechanisms of apple plants under the influence of special fertilizers. *Fruit*

- growing and Viticulture of the South of Russia*, 12, 78-89. <https://www.elibrary.ru/mxqsje>. (In Russian, English abstract).
18. Fomenko, T.G. (2008). Fertilizing apple trees with drip irrigation of fruit plantations. In *Adaptability Parameters of Perennial Crops in Modern Conditions of Horticulture and Viticulture Development: conference proceedings* (pp. 120-123). North Caucasus Zonal Research Institute of Horticulture and Viticulture. <https://www.elibrary.ru/rmmdvj>. (In Russian, English abstract).
 19. Fomenko, T.G., Popova, V.P., Pestova, N.G., & Chernikov, E.A. (2017). To agrochemical survey procedure for intensive perennial fruit plantations and calculation of differentiated mineral fertilizer rates. *Agrochemistry*, 3, 79-91. <https://www.elibrary.ru/ykuoth>. (In Russian, English abstract).
 20. Shkurkin, S.I. (2-23). Mineral fertilizers as a factor in the intensification of horticulture in Russia. *Economy, Labor, Management in Agriculture*, 10, 148-156. <https://doi.org/10.33938/2310-148>. (In Russian, English abstract).
 21. Mengel, K. (2002). Alternative or additional role of foliar nutrition in mineral nutrition Alternative or complementary role of foliar supply in mineral nutrition. *Acta Horticulturae*, 594, 33-47. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.594.1>
 22. Treder, V. (2006). Influence of fertigation with nitrogen and complex fertilizer on the growth and productivity of the Gala apple tree. *Journal of Fruit and Ornamental Research*, 14, 143-154. http://www.nawadnianie.inhort.pl/add/article/Full15_2006.pdf

Авторы:

Маргарита Юрьевна Азарова, старший преподаватель кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, azarova778@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7109-1227
SPIN: 6737-8380

Алена Юрьевна Ожередова, к. с.-х. н., доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, alena.gurueva@mail.ru
ORCID: 0000-0001-6038-6409
SPIN: 3968-8440

Елена Александровна Устищенко, к. с.-х. н., доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, yelena.ustimenko.88@mail.ru
ORCID: 0000-0002-7067-6570
SPIN: 3914-8763

Ольга Сергеевна Зверева, ассистент кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, zverevaolga1998@gmail.com
ORCID: 0009-0001-0017-5906
SPIN: 3511-0728

Authors:

Margarita Yu. Azarova, senior lecturer in Department of Agrochemistry and Plant Physiology of Stavropol State Agrarian University, azarova778@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7109-1227
SPIN: 6737-8380

Alena Yu. Ozheredova, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor in Department of Agrochemistry and Plant Physiology of Stavropol State Agrarian University, alena.gurueva@mail.ru
ORCID: 0000-0001-6038-6409
SPIN: 3968-8440

Elena A. Ustimenko, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor in Department of Agrochemistry and Plant Physiology of Stavropol State Agrarian University, yelena.ustimenko.88@mail.ru
ORCID: 0000-0002-7067-6570
SPIN: 3914-8763

Olga S. Zvereva, Assistant, Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University, zverevaolga1998@gmail.com
ORCID: 0009-0001-0017-5906
SPIN: 3511-0728

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 632.4.01/.08

Мучнисторосяные грибы (*Helotiales*, *Erysiphaceae*) на многолетних плодовых культурах в Свердловской областиА.С. Будимиров¹ ¹Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук, 620144, ул. 8 Марта, д. 202, Екатеринбург, Россия, info@ipae.uran.ru**Аннотация**

Мучнисторосяные грибы – широко распространённая группа патогенов плодовых культур, способная наносить значительный ущерб урожаям. Цель работы – описать видовой состав грибов-возбудителей мучнистой росы, поражающих плодовые растения в Свердловской области. Изучены собственные сборы автора и материалы гербария ИЭРиЖ УрО РАН, а также проведён обзор литературы. Показано, что в Свердловской области 21 вид мучнисторосяных грибов поражает 29 видов плодовых растений из 11 семейств. Большинство видов грибов являются чужеродными для региона. Большая часть грибов принадлежит к роду *Podosphaera*. Повсеместно встречающиеся, редкие и представленные единичными находками мучнисторосяные грибы составляют в общем списке равные доли. Повсеместно распространённые возбудители мучнистой росы относятся к родам *Podosphaera* и *Erysiphe*. Впервые для региона указан вид *Podosphaera ruborum* (Rabenh.) M. Bradshaw, U. Braun et M. Liu, вызывающий мучнистую росу малины обыкновенной. Большинство видов растений-хозяев относятся к семейству Розовые. Больше видов мучнисторосяных грибов может быть обнаружено на плодовых культурах в Свердловской области в ближайшем будущем в связи с климатическими изменениями, расширением ассортимента культур и заносом новых патогенных грибов.

Ключевые слова: фитопатология, микромицеты, Средний Урал, чужеродные виды**Powdery mildews (*Helotiales*, *Erysiphaceae*) on perennial fruit crops in Sverdlovsk Region (Russia)**A.S. Budimirov¹ ¹Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 620144, 8 Marta street, 202, Ekaterinburg, Russia, info@ipae.uran.ru**Abstract**

Powdery mildews are a widespread group of plant pathogens, capable of causing serious yield losses. This study aims to outline species composition of powdery mildew fungi infecting fruit crops in Sverdlovsk region of Russia. Original collections and IPAE UB RAS herbarium specimens were studied and literature analysis was conducted. The results reveal 21 species of powdery mildews infecting 29 species of host plants from 11 families in Sverdlovsk Region. Most of the fungi are alien to the region. The majority of fungal species belong to *Podosphaera* genus. Shares of abundant, rare and single-time collected powdery mildews are equal. Abundant species belong to *Podosphaera* and *Erysiphe* genera. Raspberry-infecting fungus *Podosphaera ruborum* (Rabenh.) M. Bradshaw, U. Braun et M. Liu is recorded in the region for the first time. The majority of host plant species belong to Rosaceae. More species of powdery mildews might be soon found on fruit crops in Sverdlovsk region due to climate change, introduction of new cultures and arrival of new pathogenic fungi.

Key words: phytopathology, micromycetes, the Middle Urals, alien species

Введение

Фитопатогенные грибы представляют одну из ключевых угроз продовольственной безопасности. Изменение климата ведёт к повышению агрессивности уже известных патогенов, проявлению патогенных свойств у эндофитных и сапротрофных видов, возникновению новых инфекционных заболеваний основных культур, а развитие перевозок живых растений и сельскохозяйственной продукции – к их дальнейшему распространению (Горленко, 1975; Ogden et al., 2019; Li et al., 2023).

Грибы-аскомицеты из семейства *Erysiphaceae* – возбудители мучнистой росы – чрезвычайно широко распространённая группа фитопатогенных микроорганизмов (Ячевский, 1927). Представители данного семейства заражают свыше 10000 видов цветковых растений, среди которых множество важных в экономическом отношении культур (Ячевский, 1927; Bradshaw et al., 2025b). Мучнисторосяные грибы должны быть объектом постоянного фитосанитарного контроля, поскольку многие их виды активно распространяются за пределами естественного ареала, вызывая эпифитотии в регионах, где ранее данная болезнь отсутствовала (Горленко, 1983; Bulgakov, Shiryaev, 2022; Bradshaw et al., 2025b). Следствием таких вспышек является массовая гибель растений в посадках и питомниках, снижение урожайности и жизнестойкости.

Борьба с мучнисторосяными грибами и профилактика их развития сопряжены с рядом трудностей. Главная из них – высокая скорость их адаптации к химическим препаратам и устойчивым сортам растений-хозяев, вновь становящихся восприимчивыми. Вследствие этого селекционеры и разработчики фунгицидов вынуждены продолжать поиск методов борьбы даже с патогенами, занесёнными более 100 лет назад (Gadoury et al., 2012; Чеботок, 2024). Другая проблема – подвижная систематика группы. Часто в литературе используются устаревшие названия мучнисторосяных грибов, под которыми иногда скрывается целый комплекс видов с разными предпочтениями в отношении растений-хозяев. Это делает затруднительной оценку видового богатства патогенов и диапазона находящихся под угрозой культур.

Первые находки мучнисторосяных грибов, поражающих плодовые культуры на Среднем Урале, относятся к началу XX века (Ячевский, 1927; Shiryaeva et al., 2025). Изучение видового состава мучнисторосяных грибов в регионе в XXI веке выявило присутствие большого числа аборигенных и чужеродных видов, поражающих важные культуры (Bulgakov, Shiryaev, 2022; Будимиров, 2024). До настоящего момента возбудители мучнистой росы на плодовых культурах на Среднем Урале не становились объектами направленных исследований. Цель работы – описать видовой состав мучнисторосяных грибов, поражающих плодовые культуры в Свердловской области, и оценить частоту их встречаемости в регионе.

Материалы и методы

К чужеродным были отнесены виды мучнисторосяных грибов, чей природный ареал по литературным данным географически удалён от Свердловской области и не включает её территорию. Грибы, у которых по территории области проходит северная или северо-восточная граница ареала, включены в число аборигенных видов.

К плодовым культурам отнесены многолетние древесные и травянистые растения (деревья, кустарники и полукустарники, лианы, травы), выращиваемые исключительно или в том числе ради получения от них сочных или сухих плодов, имеющих ценность для пищевой промышленности. Сюда включены в том числе виды, не являющиеся в настоящее время коммерческими культурами в условиях Среднего Урала, но выращиваемые в других регионах (например, барбарис).

В ходе исследования были изучены 86 образцов, включая собственные сборы автора, сборы А.Г. Ширяева и материалы микологического гербария ИЭРиЖ УрО РАН (SVER). Также при создании списка проанализированы литературные данные о поражении плодовых культур на территории области (Ячевский, 1927; Шумиленко, 1964; Bulgakov, Shiryayev, 2022; Shiryayev et al., 2022).

По частоте встречаемости грибы разделили на три категории. «Единичная находка» – гриб с территории области представлен единственным образцом, «Редко» – вид представлен несколькими образцами, собранными в разных точках и/или в разные годы, «Повсеместно» – гриб широко распространён в регионе и часто встречается на ассоциированных растениях-хозяевах. Для единичных находок дана ссылка на публикацию или гербарный номер в микологическом гербарии ИЭРиЖ УрО РАН (SVER (F)).

Морфологическое определение мучнисторосяных грибов проводили методом световой микроскопии. В дистиллированной воде изготавливали временный препарат анаморфной и/или телеоморфной стадии гриба и просматривали его в микроскоп Leica DM 2000. Названия грибов были проверены по таксономической базе данных Mycobank (<https://www.mycobank.org>). Названия растений даны по таксономической базе Plants of the World Online (<https://powo.science.kew.org>).

Результаты и их обсуждение

Мучнисторосяные грибы на плодовых культурах в Свердловской области

На территории Свердловской области за всю историю изучения группы выявлено 118 видов мучнисторосяных грибов из 11 родов, паразитирующих на 240 видах древесных и травянистых растений (данные автора). Среди них 21 вид из 4 родов заражает 29 видов плодовых растений. Список грибов и растений-хозяев представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Мучнисторосяные грибы и поражаемые ими плодовые культуры в Свердловской области

Гриб ¹	Плодовые растения-хозяева	A ² /Ч ³	Частота
<i>Arthrocladiella mougeotii</i> (Lév.) Vassilkov	<i>Lycium barbarum</i> L.	Ч (C)	Единичная находка (Shiryayeva et al., 2025)
<i>Erysiphe actinidiae</i> (Hara) U. Braun et S. Takam.	<i>Actinidia kolomikta</i> (Maxim.) Maxim.	Ч (BA)	Редко
<i>E. berberidis</i> DC. (= <i>Microsphaera berberidis</i> (DC.) Cooke)	<i>Berberis vulgaris</i> L., <i>B. heteropoda</i> Schrenk ex Fisch. & C.A.Mey.	Ч (E)	Повсеместно
<i>E. corylacearum</i> U. Braun et S. Takam.	<i>Corylus avellana</i> L., <i>C. heterophylla</i> Fisch. Ex Trautv.	Ч (BA)	Повсеместно
<i>E. juglandis</i> (Golovin) U. Braun et S. Takam.	<i>Juglans nigra</i> L.	Ч (BA)	Единичная находка (SVER (F) 86705)
<i>E. necator</i> Schwein. (= <i>Uncinula necator</i> (Schwein.) Burrill)	<i>Vitis vinifera</i> L., <i>V. amurensis</i> Rupr.	Ч (CA)	Редко
<i>E. schisandrae</i> (Sawada) U. Braun et S. Takam.	<i>Schisandra chinensis</i> (Turcz.) Baill.	Ч (BA)	Единичная находка (Shiryayev et al., 2022)
<i>E. viburni</i> Duby (= <i>E. hedwigii</i> (Lév.) U. Braun et S. Takam.)	<i>Viburnum opulus</i> L.	A	Повсеместно
<i>Phyllactinia actinidiae</i> (Jacq.) Bunkina	<i>Actinidia kolomikta</i> , <i>A. arguta</i> (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq.	Ч (BA)	Единичная находка (Shiryayev et al., 2022)
<i>P. guttata</i> (Wallr.) Lév.	<i>Corylus avellana</i>	A	Редко
<i>P. mali</i> (Duby) Braun	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Ч (C)	Редко
<i>P. hippophaës</i> von Thümen	<i>Hippophaë rhamnoides</i> L.	Ч (E)	Единичная находка (SVER (F) 86746)

продолжение таблицы 1

Гриб ¹	Плодовые растения-хозяева	A ² /Ч ³	Частота
<i>Podosphaera amelanchieris</i> Maurizio	<i>Amelanchier</i> × <i>lamarckii</i> F.G.Schroed., <i>A. alnifolia</i> (Nutt.) Nutt. ex M.Roem.	Ч (CA)	Редко
<i>P. aucupariae</i> Erikss. (= <i>P. oxyacanthae</i> (DC.) de Bary f. <i>sorbi</i> Jacz.)	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	A	Редко
<i>P. clandestina</i> (Wallr.) Lév. (= <i>P. oxyacanthae</i> f. <i>crataegi</i> Jacz.)	<i>Crataegus sanguinea</i> Pall., <i>C. mollis</i> (Torr. & A.Gray) Scheele	A	Повсеместно
<i>P. fragariae</i> (Harz) M. Bradshaw, D.N. Jin et U. Braun	<i>Fragaria vesca</i> L.	A	Редко
<i>P. leucotricha</i> (Ellis et Everh.) E.S. Salmon	<i>Malus domestica</i> (Suckow) Borkh.	Ч (E)	Единичная находка (Shiryaeva et al., 2025)
<i>P. mors-uvae</i> (Schwein.) U. Braun et S. Takam. (= <i>Sphaerotheca mors-uvae</i> (Schwein) Berkl. Et Curt.)	<i>Ribes uva-crispa</i> L., <i>R. rubrum</i> L., <i>R. nigrum</i> L.	Ч (CA)	Повсеместно
<i>P. pannosa</i> (Wallr.) de Bary (= <i>S. pannosa</i> (Wallr.) Lév.)	<i>Rosa acicularis</i> Lindl., <i>R. chinensis</i> Jacq., <i>R. cinnamomea</i> L.	A	Повсеместно
<i>P. ruborum</i> (Rabenh.) M. Bradshaw, U. Braun et M. Liu	<i>Rubus idaeus</i> L.	A	Единичная находка (данные автора)
<i>P. tridactyla</i> (Wallr.) de Bary s. str.	<i>Prunus padus</i> L.	A	Повсеместно

Примечания

1 В скобках даны часто используемые синонимы.

2 A – аборигенные виды.

3 Ч – чужеродные виды грибов, в скобках указан регион, где расположен природный ареал вида:

BA – Восточная Азия, E – Евразия помимо Среднего Урала, C – Средиземноморье, CA – Северная Америка.

Наибольшее число видов грибов относится к роду *Podosphaera* (9 видов / 42,86%), за ним следуют рода *Erysiphe* (7 / 33,3%), *Phyllactinia* (4 / 19,05%) и *Arthrocladiella* (1 / 4,76%). Данные о наличии в Свердловской области мучнистой росы малины (*Podosphaera ruborum*) приведены здесь впервые. Гриб в конидиальной стадии был собран автором 07.07.2025 г. в Юго-западном лесопарке г. Екатеринбурга на малине обыкновенной (*Rubus idaeus*) (рисунки 1, 2).



Рисунок 1 – Листья малины обыкновенной (*Rubus idaeus*), пораженные мучнистой росой *Podosphaera ruborum*

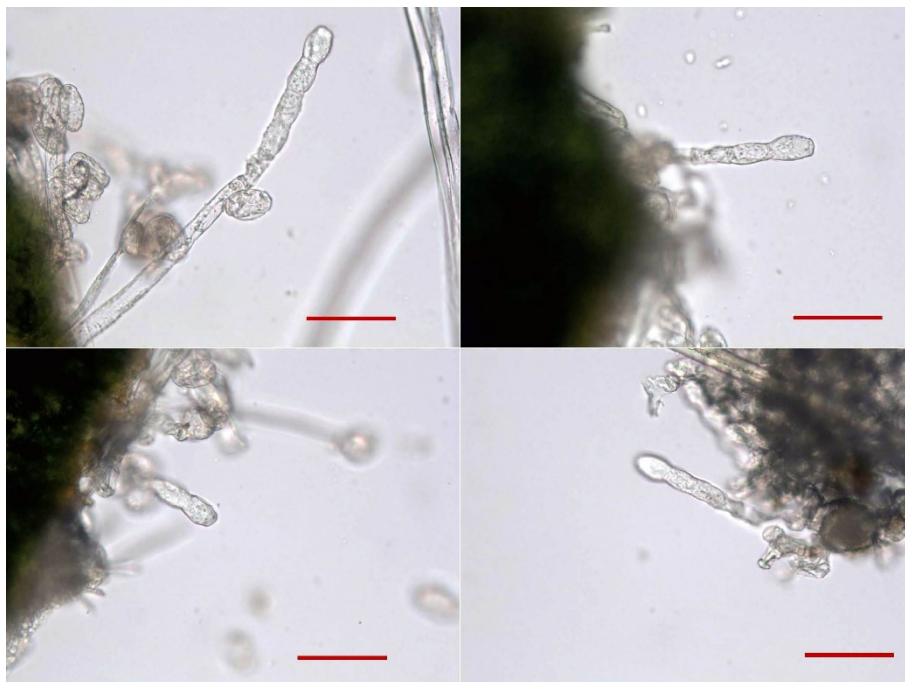


Рисунок 2 – Конидиальные спороношения *Podosphaera ruborum* на листьях *Rubus idaeus*.
Длина масштабного отрезка – 50 мкм

Большая часть видов грибов являются чужеродными для Среднего Урала и были занесены в область вместе со своими растениями-хозяевами из других частей планеты, где располагается их природный ареал (рисунок 3).

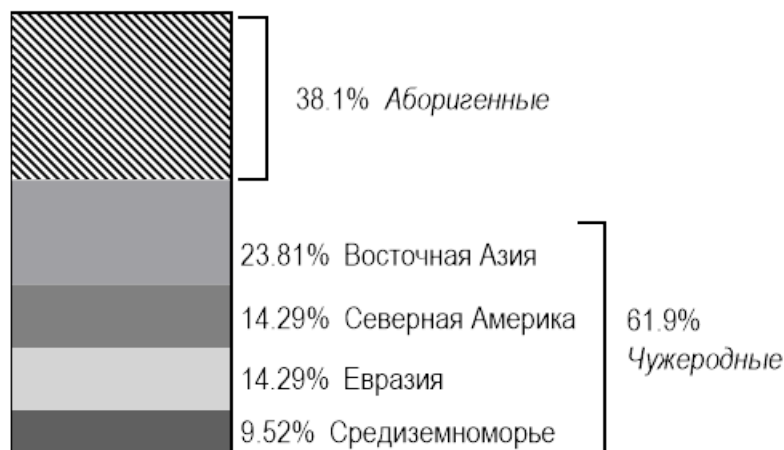


Рисунок 3 – Доли аборигенных и чужеродных мучнисторосяных грибов, поражающих плодовые культуры в Свердловской области

Восточноазиатское происхождение большинства видов грибов на плодовых культурах согласуется с ранее сделанным выводом, согласно которому этот регион является важнейшим регионом-донором чужеродных мучнисторосяных на древесных растениях в Свердловской области (Bulgakov, Shiryayev, 2022). Повсеместно встречающиеся, редкие и представленные единичными находками виды распределились в равных долях – по 7 видов (33,3%). К повсеместно распространённым возбудителям мучнистой росы относятся виды родов *Erysiphe* и *Podosphaera*. Редкие и представленные единичными находками виды

относятся к родам *Arthrocladiella*, *Erysiphe*, *Phyllactinia* и *Podosphaera*. 29 видов растений-хозяев принадлежат к 18 родам 11 семейств. Из них 13 видов (44,83%) являются представителями семейства Розовые (*Rosaceae*). Такую высокую долю данного семейства можно объяснить, во-первых, тем, что к нему принадлежит значительное число плодовых культур. Во-вторых, семейство Розовые имеет тесные эволюционные связи с родом *Podosphaera* (Takamatsu et al., 2010), что также объясняет превалирование данного рода в представленном списке грибов. Большое число видов мучнисторосяных грибов, поражающих Розовые необходимо учитывать при составлении графиков обработки культур этого семейства фунгицидными препаратами, а также для прогнозирования фитосанитарной ситуации при наступлении засушливых периодов, способствующих распространению и развитию мучнистой росы (Ячевский, 1927).

Культуры, потенциально подверженные заражению мучнисторосяными грибами в Свердловской области

В представленный список мучнисторосяных грибов не вошли некоторые виды, способные заражать распространённые в Свердловской области плодовые культуры. Так, в регионе найден и широко распространён гриб-возбудитель мучнистой росы жимолости *Erysiphe ehrenbergii* (Lév.) U. Braun, M. Bradshaw et S. Takam. (Bulgakov, Shiryayev, 2022). Хотя до сих пор он не был собран с видов и гибридов жимолости со съедобными ягодами, известно, что он способен поражать в том числе и жимолость голубую (Bradshaw et al., 2020).

Некоторые из представленных в списке видов мучнисторосяных грибов являются патогенами для культур более экономически важных, чем те, на которых они были до сих пор обнаружены в регионе. *Podosphaera fragariae* в настоящее время достоверно известна лишь с земляники лесной, однако этот гриб способен заражать и землянику садовую (*Fragaria* × *ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier). *Phyllactinia mali* до сих пор была собрана лишь с боярышника, но в других регионах планеты известна как патоген яблонь, груш и ирги (Bradshaw et al., 2025a).

Важным аспектом изучения мучнисторосяных грибов на плодовых культурах в Свердловской области является комплексное действие, которое оказывает на систему «гриб-растение» глобальное изменение климата. Во-первых, устойчивое повышение среднегодовых температур, наблюдаемое на Среднем Урале в последние десятилетия, может в будущем позволить расширить спектр культур, выращиваемых в области в коммерческих масштабах. Таким образом, грибы, в настоящее время не угрожающие производительности сельхозпредприятий в перспективе могут начать оказывать значительное отрицательное влияние на получаемые с их специфичного растения-хозяина урожаи, в случае повышения его экономической значимости. Во-вторых, растения под действием абиотического стресса, вызванного аридизацией, могут стать более подверженными различным грибным болезням, в том числе мучнистой росе. Наконец, необходимо учитывать другие эффекты потепления на фитопатогенных микромицетов, такие как расширение на север ареалов теплолюбивых видов и повышение агрессивности аборигенных патогенов (Li et al., 2023). Всё это делает мониторинг мучнисторосяных грибов критически важным элементом защиты плодовых растений в современном мире.

Выводы

1. В Свердловской области 21 вид мучнисторосяных грибов поражает 29 видов плодовых растений из 11 семейств. Большинство видов грибов (61,9%) являются чужеродными для региона.

2. Большая часть грибов (42,86%) относится к роду *Podosphaera*, ассоциированного с широко используемыми в садоводстве растениями семейства Розовые.

3. Повсеместно встречающиеся, редкие и представленные единичными находками грибы составляют равные доли в общем списке видов (33,3%). Повсеместно распространённые возбудители мучнистой росы относятся к родам *Erysiphe* и *Podosphaera*; редкие и представленные единичными находками виды относятся к родам *Arthrocladiella*, *Erysiphe*, *Phyllactinia* и *Podosphaera*.

4. Впервые для региона указан вид *Podosphaera ruborum*, вызывающий мучнистую росу малины обыкновенной.

5. Среди всех семейств плодовых растений-хозяев наиболее часто поражаются Розовые, к которым относится 44,83% поражаемых видов.

6. Больше видов мучнисторосяных грибов может быть найдено на плодовых культурах в Свердловской области в ближайшем будущем в связи с продолжающимися климатическими изменениями, увеличением ассортимента выращиваемых культур и завозом посадочного материала, среди которого на территорию области могут попасть бессимптомно болеющие растения.

Благодарности

Автор выражает благодарность в.н.с. ИЭРиЖ УрО РАН, д.б.н. Ширяеву А.Г. за помощь в сборе образцов и написании текста статьи, а также двум анонимным рецензентам за комментарии к рукописи.

Acknowledgments

The author would like to thank A.G. Shiryayev, Dr.Biol.Sci. and leading researcher in the IPAE UB RAS for helping in collecting specimens and editing the manuscript and two anonymous reviewers for suggestions and editorial comments.

Финансирование

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 25-26-00338.

Funding

The research was supported by the Russian Science Foundation project № 25-26-00338.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Будимиров А.С. Чужеродные виды мучнисторосяных грибов (*Helotiales*, *Erysiphaceae*) на древесных растениях Среднего и Южного Урала // Изучение и сохранение биоразнообразия природной и антропогенной микобиоты: материалы конференции. Екатеринбург: СОУНБ им. В. Г. Белинского, 2024. 10-13. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14180988>
2. Горленко М.В. Миграции фитопатогенных микроорганизмов. М.: Издательство Московского университета, 1975. 108.
3. Горленко М.В. Мучнисторосяные грибы Московской области (Семейство *Erysiphaceae*). М.: Издательство Московского университета, 1983. 72.
4. Чеботок Е.М. Оценка устойчивости гибридного потомства смородины чёрной к американской мучнистой росе в условиях Среднего Урала // Современное садоводство. 2024. 2. 18-23. <https://elibrary.ru/mbrupy>.

5. Шумиленко Е.П. Патогенная микофлора цветочных растений на Среднем Урале // Записки Свердловского отделения Всесоюзного ботанического общества. 1964. 3. 167-173.
6. Ячевский А.А. Карманный определитель грибов. Выпуск второй. Мучнисто-росяные грибы. Л.: Микол. лаборатория им. проф. А. А. Ячевского, Гос. ин-та опыт. агрономии, 1927. 626.
7. Bradshaw M., Braun U., Götz M., Takamatsu S. Taxonomy and phylogeny of the *Erysiphe lonicerae* complex (*Helotiales*, *Erysiphaceae*) on *Lonicera* spp. // Fungal Systematics and Evolution. 2020. 7, 1. 49-65. <https://doi.org/10.3114/fuse.2021.07.03>
8. Bradshaw M., Braun U., Khodaparast S.A. et al. Phylogeny and taxonomy of the genera of *Erysiphaceae*, part 7: *Phyllactinieae* // Mycologia. 2025a. 117, 4. 640-700. <https://doi.org/10.1080/00275514.2025.2476375>
9. Bradshaw M., Ivors K., Broome J.C. et al. An emerging fungal disease is spreading across the globe and affecting the blueberry industry // New Phytologist. 2025b. 246, 1. 103-112. <https://doi.org/10.1111/nph.20351>
10. Bulgakov T.S., Shiryayev A.G. Powdery mildews (*Erysiphaceae*) on woody plants in urban habitats of Sverdlovsk region (Russia) // Mycology and Phytopathology. 2022. 56, 5. 323-331. <https://doi.org/10.31857/S002636482205004X>
11. Gadoury D.M., Cadle-Davidson L., Wilcox W.F. et al. Grapevine powdery mildew (*Erysiphe necator*): a fascinating system for the study of the biology, ecology and epidemiology of an obligate biotroph // Molecular plant pathology. 2012. 13, 1. 1-16. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00728.x>
12. Li P., Tedersoo L., Crowther T. et al. Global diversity and biogeography of potential phytopathogenic fungi in a changing world // Nature Communications. 2023. 14. 6482-6495. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-42142-4>
13. Ogden N.H., Wilson J.R.U., Richardson D.M. et al. Emerging infectious diseases and biological invasions: a call for a One Health collaboration in science and management // Royal Society Open Science. 2019. 6, 3. 181577. <https://doi.org/10.1098/rsos.181577>
14. Shiryayev A.G., Zmitrovich I.V., Bulgakov T.S., Shiryayeva O.S., Dorofeyeva L.M. Global warming favors the development of a rich and heterogeneous mycobiota on alien vines in a boreal city under continental climate // Forests. 2022. 13, 2. 323-344. <https://doi.org/10.3390/f13020323>
15. Shiryayeva O.S., Surina T.A., Zmitrovich I.V., Budimirov A.S., Bulgakov T.S., Zaitseva I.V., Shiryayev A.G. New and rare fungi on alien woody plants in Sverdlovsk Region (the Middle Urals, Russia) // Mycology and Phytopathology. 2025. 59, 6. 519-528. <https://doi.org/10.31857/S0026364825060075>
16. Takamatsu S., Ninomi S., Harada M., Havrylenko M. Molecular phylogenetic analyses reveal a close evolutionary relationship between *Podosphaera* (*Erysiphales*: *Erysiphaceae*) and its rosaceous hosts // Persoonia – Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi. 2010. 24. 38-48. <https://doi.org/10.3767/003158510X494596>

WEB-ссылки

Mycobank <https://www.mycobank.org/>

Plants of the World Online <https://powo.science.kew.org/>

References

1. Budimirov, A.S. (2024). Alien species of powdery mildew fungi (*Helotiales*, *Erysiphaceae*) on woody plants of the Middle and South Urals. In *Study and Conservation of Biodiversity of Natural*

- and Anthropogenic Mycobiota: conference proceedings (pp. 10-13). SRSL named after V.G. Belinskiy. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14180988>. (In Russian, English abstract).
2. Gorlenko, M.V. (1975). *Migrations of Phytopathogenic Organisms*. Moscow University Press. (In Russian).
 3. Gorlenko, M.V. (1983). *Powdery Mildew Fungi of Moscow Region (Family Erysiphaceae)*. Moscow University Press. (In Russian).
 4. Chebotok, E.M. (2024). The assessment of the resistance of black currant hybrid offspring to American powdery mildew in the conditions of the Middle Urals. *Contemporary Horticulture*, 2, 18-23. <https://elibrary.ru/mbrupy>. (In Russian, English abstract).
 5. Shumilenko, E.P. (1964). Pathogenic mycoflora of flowering plants in the Middle Urals. *Notes of the Sverdlovsk Branch of the All-USSR Botanical Society*, 3, 167-173. (In Russian).
 6. Yachevsky, A.A. (1927). *Pocket Keybook of Fungi. Part 2: Powdery Mildew Fungi*. Mycological laboratory named after prof. A.A. Yachevsky of the State Institute of experimental agronomy. (In Russian).
 7. Bradshaw, M., Braun, U., Götz, M., & Takamatsu, S. (2020). Taxonomy and phylogeny of the *Erysiphe Ionicerae* complex (*Helotiales*, *Erysiphaceae*) on *Lonicera* spp. *Fungal Systematics and Evolution*, 7(1), 49-65. <https://doi.org/10.3114/fuse.2021.07.03>
 8. Bradshaw, M., Braun, U., Khodaparast, S.A. et al. (2025a). Phylogeny and taxonomy of the genera of *Erysiphaceae*, part 7: *Phyllactinieae*. *Mycologia*, 117(4), 640-700. <https://doi.org/10.1080/00275514.2025.2476375>
 9. Bradshaw, M., Ivors, K., Broome, J.C. et al. (2025b). An emerging fungal disease is spreading across the globe and affecting the blueberry industry. *New Phytologist*, 246(1), 103-112. <https://doi.org/10.1111/nph.20351>
 10. Bulgakov, T.S., & Shiryayev, A.G. (2022). Powdery mildews (*Erysiphaceae*) on woody plants in urban habitats of Sverdlovsk region (Russia). *Mycology and Phytopathology*, 56(5), 323-331. <https://doi.org/10.31857/S002636482205004X>
 11. Gadoury, D.M., Cadle-Davidson, L., Wilcox, W.F. et al. (2012). Grapevine powdery mildew (*Erysiphe necator*): a fascinating system for the study of the biology, ecology and epidemiology of an obligate biotroph. *Molecular Plant Pathology*, 13(1), 1-16. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00728.x>
 12. Li, P., Tedersoo, L., Crowther, T. et al. (2023). Global diversity and biogeography of potential phytopathogenic fungi in a changing world. *Nature Communications*, 14, 6482-6495. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-42142-4>
 13. Ogden, N.H., Wilson, J.R.U., Richardson, D.M. et al. (2019). Emerging infectious diseases and biological invasions: a call for a One Health collaboration in science and management. *Royal Society Open Science*, 6(3), 181577. <https://doi.org/10.1098/rsos.181577>
 14. Shiryayev, A.G., Zmitrovich, I.V., Bulgakov, T.S., Shiryayeva, O.S., & Dorofeyeva, L.M. (2022). Global warming favors the development of a rich and heterogeneous mycobiota on alien vines in a boreal city under continental climate. *Forests*, 13(2), 323-344. <https://doi.org/10.3390/f13020323>
 15. Shiryayeva, O.S., Surina, T.A., Zmitrovich, I.V., Budimirov, A.S., Bulgakov, T.S., Zaitseva, I.V., & Shiryayev, A.G. (2025). New and rare fungi on alien woody plants in Sverdlovsk Region (the Middle Urals, Russia). *Mycology and Phytopathology*, 59(6), 519-528. <https://doi.org/10.31857/S0026364825060075>
 16. Takamatsu, S., Ninomi, S., Harada, M., & Havrylenko, M. (2010). Molecular phylogenetic analyses reveal a close evolutionary relationship between *Podosphaera* (*Erysiphales*: *Erysiphaceae*) and its rosaceous hosts. *Persoonia – Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 24, 38-48. <https://doi.org/10.3767/003158510X494596>

WEB-references

Mycobank <https://www.mycobank.org/>

Plants of the World Online <https://powo.science.kew.org/>

Автор:

Александр Сергеевич Будимиров, аспирант, старший инженер лаборатории биоразнообразия растительного мира и микобиоты, Институт экологии растений и животных УрО РАН, budimirov.alex@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8899-9909

SPIN: 1532-6704

Author:

Aleksandr S. Budimirov, PhD student, senior engineer in vegetation and mycobiota diversity laboratory of the Institute of Plant and Animal Ecology UB RAS, budimirov.alex@gmail.com


ORCID: 0000-0002-8899-9909

SPIN: 1532-6704

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 631.589.2:635.49

Подбор оптимальных условий выращивания руколы при возделывании в условиях гидропонной культуры


Л.А. Пальцев¹, Е.А. Суслов² , С.Ю. Харлап², В.А. Цыбин²¹ООО «Зеленин» 620135, ул. Фрезеровщиков, 39Б, г. Екатеринбург, Россия, zelenin-ural@yandex.ru²ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», 620000, ул. Карла Либкнехта, 42, г. Екатеринбург, Россия, priem@urgau.ru

Аннотация

Выращивание руколы (*Eruca sativa* Mill.) в условиях защищенного грунта – востребованное направление, которое связано с расширением ассортимента овощных культур в РФ, развитием здорового образа жизни и увеличением уровня потребления зеленных растений. Ценные органолептические качества листьев и микрозелени руколы все чаще делают ее компонентом пищи, растение актуально в лечебном питании. Поскольку растение потребляется круглогодично именно в свежем виде важно оптимизировать способы возделывания этой культуры с учетом современных технологических возможностей выращивания в защищенном грунте. Цель работы – выяснить оптимальные условия возделывания руколы на многоярусной горизонтальной гидропонной установке периодического затопления, а именно, провести исследование влияния плотности посева и состава питательного раствора на рост и урожайность сорта Виктория. При закладке вегетационного эксперимента использовали разную плотность посева семян: 105, 210 и 315 растений на 1 м². В качестве субстрата применяли смесь из торфа и агроперлита. Полив проводили методом периодического затопления с использованием трех вариантов питательных растворов, отличающихся по концентрации минеральных компонентов (680, 1100 и 1370 ppm). Интенсивность светового потока составляла 160 Вт/м². Сменяемость режима освещения обеспечивали автоматизированной системой контроля в режиме смены дня и ночи каждые 12 часов. Эксперимент длился 50 дней, в течение которых вели учет динамики роста растений путем подсчета количества листьев. По завершении эксперимента провели статистическую обработку полученных данных. Была построена регрессионная модель, учитывающая три параметра: масса урожая, число растений на горшок и концентрация питательных веществ в растворе. В результате установлено, что максимальное количество листьев и наибольшая сырая масса получены при плотности посадки 210 растений на 1 м². Были определены оптимальные условия выращивания руколы сорта Виктория для получения максимального урожая листьев: выход сырой массы сырья на горшок более 80 г при посеве 11 семян на горшок (231 растение на 1 м²) и концентрации питательного раствора 1344 ppm с соотношением NPK 14:9:20.

Ключевые слова: рукола, плотность посева, питательный раствор, урожайность, сорт Виктория, гидропонное возделывание, беспочвенное выращивание

Selection of optimal conditions for growing arugula in hydroponic culture

L.A. Paltsev¹, E.A. Suslov² , S.Yu. Kharlap², V.A. Tsybin²

¹Zelenin LLC, 39B Frezerovschikov St., Ekaterinburg, Russia, 620135, zelenin-ural@yandex.ru

²Ural State Agrarian University, Karl Liebknecht str., 42, Ekaterinburg, Russia, 620000, priem@urgau.ru

Abstract

Growing arugula (*Eruca sativa* Mill.) in greenhouses is a popular trend, driven by the expansion of vegetable crops in Russia, the development of a healthy lifestyle, and increased consumption of leaf vegetables. The valuable organoleptic qualities of rocket leaves and microgreens are increasingly making it an ingredient in a wide variety of dishes, and the plant is also used in therapeutic nutrition. Since the plant is consumed fresh year-round, it is important to optimize cultivation methods for this crop, taking into account modern technological capabilities for growing in green houses. The aim of this study was to determine the optimal conditions for growing arugula in a multistory horizontal hydroponic system with periodic flooding. The study was conducted to examine the influence of seeding density and nutrient solution on the growth and yield of the arugula (cv. Victoria). When setting up the vegetation experiment, different seeding densities were used: 105, 210, and 315 plants per square meter. A mixture of peat and agropelite was used as a substrate. The irrigation was performed using a periodic flooding method with three nutrient solution variants with different mineral concentrations (680, 1100, and 1370 ppm). The luminous flux intensity was 160 W/m². An automated control system controlled the lighting regime, with day and night cycles occurring every 12 hours. The experiment lasted 50 days and the plant growth dynamics was monitored by counting leaves. The obtained data was statistically processed. A regression model was constructed taking into account three parameters: yield, number of plants per pot, and nutrient concentration in the solution. It was determined that the maximum number of leaves and fresh mass were obtained at a planting density of 210 plants per 1 m². Optimal conditions for cv. Victoria growing to obtain the maximum yield of leaves were determined: a raw material yield per pot of more than 80 g when sowing 11 seeds per pot (231 plants per 1 m²) and a nutrient solution concentration of 1344 ppm with an NPK ratio of 14:9:20.

Key words: arugula, seeding density, nutrient solution, yield, cv. Victoria, hydroponic cultivation, soilless culture

Введение

Рукола (*Eruca sativa* Mill.) является популярной овощной культурой (Рана, 2017). Зелень руколы содержит полезные для здоровья биологически активные вещества, антиоксиданты и витамины (А, С и К), тиамин, рибофлавин, ниацин, пантотеновая кислота, пиридоксин, различные макро и микроэлементы (Cu, Fe, K, Ca, Mn, P) и некоторые другие необходимые человеку нутриенты, оказывающие позитивное влияние на здоровье (Chapman-Lopez et al., 2023; Coolong et al., 2013; Kopsell et al., 2023).

Возделывание руколы возможно в открытом и закрытом грунте, в совместных посевах с другими культурами (Lino et al., 2021; Viana et al., 2021; Yang et al., 2021), а также активно выращивается с использованием гидропонных установок, что обосновано высокой урожайностью в таких условиях (Бербеков, Езаов, 2015; Genuncio et al., 2011; Santos et al., 2022). Выращивание зеленных культур на гидропонных установках имеет ряд преимуществ, связанных с экономией воды и площадей, логистических издержек, точной дозировкой удобрений, стабильной урожайностью, которая опирается на технологически отрегулированные циклы возделывания (Киселева и др., 2024; Пальцев, Носков, 2019; Buehler, Junge, 2016), отсутствие или минимизация потерь от болезней и вредителей,

экологичность получаемого фреш-сырья (Benke, Tomkins, 2017; Oliveira et al., 2022). Также использование программного обеспечения и искусственного интеллекта сегодня активно внедряется, что может масштабировать производство, понизить затраты на процесс выращивания и улучшить качество продукции (Asseng, Eichelsbacher, 2024; Kabir et al., 2023; Rajaseger et al., 2017).

Поиск оптимальных условий для выращивания различных сельскохозяйственных культур в защищенном грунте с использованием отечественных гидропонных установок временного затопления – одно из перспективных направлений исследований в связи с импортозамещением (Киселева и др., 2024). Цель настоящей работы – провести изучение влияния плотности посева и состава питательного раствора на рост и урожайность руколы на примере сорта Виктория при культивировании с использованием сити-ферм российского производства.

Материалы и методы

В настоящей работе для исследований был выбран сорт руколы Виктория. Вегетационный опыт был поставлен на базе УрГАУ в условиях горизонтальной гидропонной установки с временным затоплением Vefarm Green со светодиодным освещением (производства ООО «Агроаспект плюс», Екатеринбург, модель 2014 года). Посев был произведен тремя разными способами, а именно, в каждый горшок высевалось разное количество семян согласно таблице 1.

Таблица 1 – Плотность посадки и обозначения в опыте

Плотность посева	Количество семян на горшок	Количество растений на м ²	Количество повторностей
pd5	5	105	5
pd10	10	210	5
pd15	15	315	5

В качестве питательных растворов использовали самостоятельно приготовленные нами смеси согласно таблице 2, так что общее соотношение NPK 14:9:20 оставалось постоянным, однако TDS (Total Dissolved Solids) отличался. Этот показатель, отражает общее количество растворенных в питательном растворе твердых веществ, измеряется в ppm (единица измерения, показывающая концентрацию растворенных веществ в питательном растворе).

Таблица 2 – Состав питательных растворов

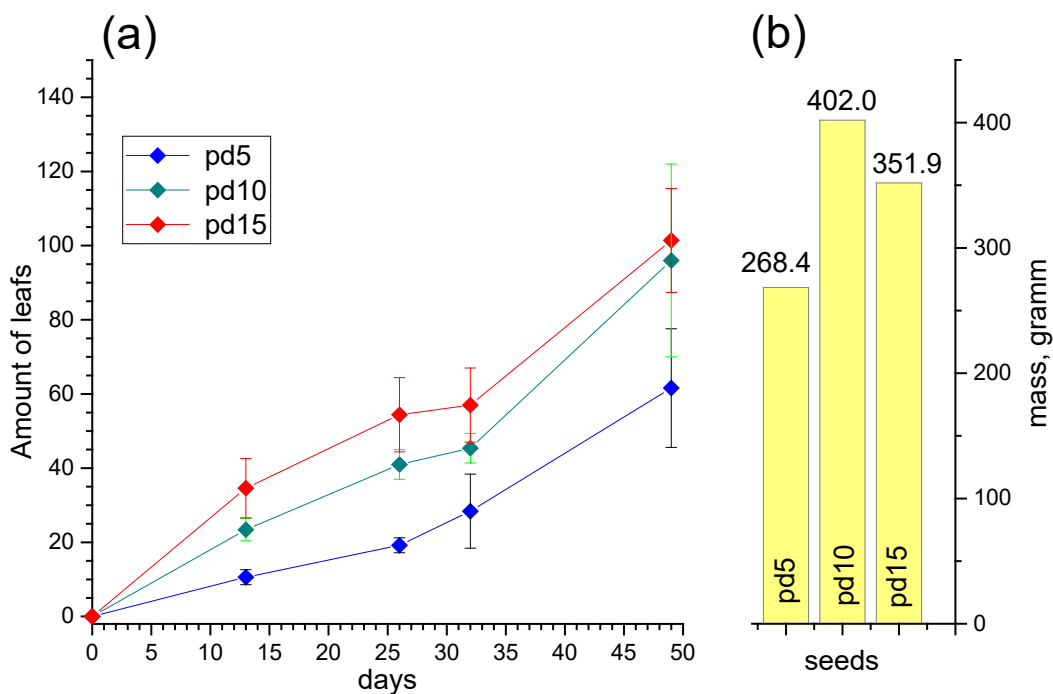
Компоненты	CAS №	TDS, ppm		
		680	1100	1370
		Количество солей, г/л		
Ca(NO ₃) ₂ *4H ₂ O	13477-34-4	1,1780	1,9056	2,3733
KNO ₃	7757-79-1	0,2300	0,3721	0,4634
NH ₄ NO ₃	6484-52-2	0,0470	0,0760	0,0947
MgSO ₄ *7H ₂ O	10034-99-8	0,1930	0,3122	0,3888
KH ₂ PO ₄	7778-77-0	0,1800	0,2912	0,3626
Mg(NO ₃) ₂ *6H ₂ O	13446-18-9	0,0310	0,0501	0,0625
EDTA (Fe) 13%	15708-41-5	0,0099	0,0160	0,0199
EDT(Mn) 13%	15375-84-5	0,0015	0,0024	0,0030
H ₃ BO ₃	10043-35-3	0,0029	0,0047	0,0058
EDTA (Zn) 15%	14025-21-9	0,0015	0,0024	0,0030
EDTA (Cu) 15%	14025-15-1	0,0003	0,0005	0,0006
(NH ₄) ₂ MoO ₄	13106-76-8	0.0001	0.0002	0.00022

Все семена высевали в технологические горшки (диаметр горшка 62 мм, высота 60 мм). Грунт, использованный в исследовании, представлял собой смесь верхового просеянного торфа 70% и агроперлита 30%. Также в грунт была внесена сенная палочка. Режим освещения: день 12 часов, ночь 12 часов, сменяемость была автоматизирована системой контроля. Режим полива и подачи питательного раствора был реализован системой периодического затопления по 15 минут 2 раза в сутки с интервалом 12 часов и также был автоматизирован. Температура в помещении $22 \pm 1^\circ\text{C}$, влажность 62%. Освещение на установке: 160 Вт/м².

Учеты проводили на 14, 28, 32 и 50 день от посева. Измеряли всхожесть, количество листьев, сырую массу листьев. Для обработки результатов воспользовались программами обработки статистических данных Microsoft Excel 2013, OriginLab 2015. Была определена и рассчитана средняя масса урожая на горшок, общая масса на серию при одинаковом количестве семян, а также определена средняя масса листа на 50 день роста. Сделан подсчет среднего значения (\bar{X}) и среднеквадратического отклонения (σ) изученных признаков. На основании полученных данных была построена регрессионная модель, учитывающая три параметра: масса урожая, число растений на горшок и концентрация питательных веществ в растворе.

Результаты и их обсуждение

Всхожесть семян сорта Виктория и составила 98%. По мере развития растений, количество листьев у сеянцев увеличивалось, что иллюстрирует рисунок 1а. Динамика изменения количества листьев руколы в каждом горшке отличалась, в зависимости от следующих факторов: день посева, плотность посева (pd5, pd10 и pd15), особенности питательного раствора.



(a) – зависимость числа листьев от срока культивации; (b) – зависимость массы урожая от количества посеянных семян

Рисунок 1 – Динамика роста листьев и урожайность руколы при концентрации питательного раствора 1100 ppm

В частности, установлено, что прирост количества листьев в горшках pd10 возрастает, и количество листьев приближается к образцам в горшке pd15, начиная с 32 дня. Из этого следует, что 15 растений на горшок является избыточным, так как растения, имея большое количество листьев начинают затенять друг друга, ухудшается фотосинтез и газообмен в следствии чего рост замедляется. На рисунке 1b представлена общая урожайность на растворе с TDS 1100 ppm, выраженная в массе полученного фреш-сырья (зелени) в зависимости от плотности посева. Из данного графика мы видим, что оптимальным количеством семян на горшок является 10 штук так как общий вес зеленой массы на 33% выше, чем в горшках с 5 растениями и на 12,5 % выше в горшках с 15 растениями. Схожая картина наблюдается при выращивании на питательных растворах с показателями TDS 680 и 1370 ppm.

Таблица 3 – Продуктивность руколы при возделывании в условиях гидропонной культуры, грамм

Плотность посадки	Масса одного листа, $\bar{X} \pm \sigma$	Масса фреш-сырья на 1 горшок, $\bar{X} \pm \sigma$	Масса полученного урожая зелени
pd5	0,88 \pm 0,08	53,67 \pm 13,69	268,37
pd10	0,86 \pm 0,21	80,41 \pm 14,69	402,03
pd15	0,71 \pm 0,24	70,38 \pm 18,19	351,9

В таблице 3 представлены объединенные результаты гравиметрического анализа, где не учитывался тип питательного раствора, поскольку оказалось, что этот фактор слабо влияет на массу выращенных растений. Стоит отметить, что удельная масса листа, средняя масса зелени, полученная с одного горшка, и общая масса урожая максимальны для варианта опыта из серии pd10. При этом разброс по массе урожая на 1 горшок и по удельной массе листа для образцов pd15 оказался наибольшим. Согласно полученным данным, наиболее удачный (перспективный, экономически выгодный) вариант посева: 10 семян на 1 горшок.

Рисунок 2 показывает данные, объединенные без учета типа питательного раствора. Динамика увеличения количества листьев до 25 дня роста без принципиальных различий между вариантами опыта с разным количеством семян в горшке.

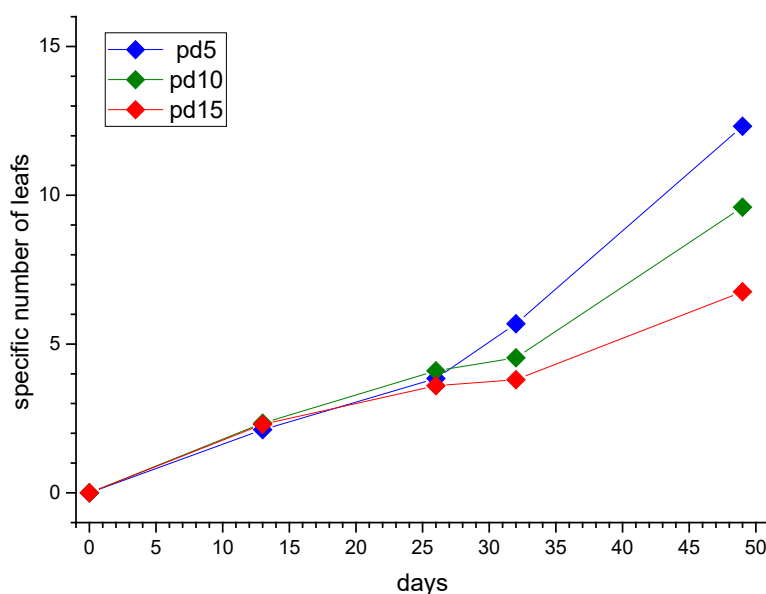


Рисунок 2 – Динамика развития листьев руколы в зависимости от плотности посева

Однако в диапазоне от 25 до 50 дня заметно серьезное расхождение. Примечательным является то, что максимальное удельное значение количества листьев на 1 горшок наблюдалось при высеве 5 семян на горшок, 105 растений на 1 м² (pd5). Минимальное удельное значение количества листьев на 1 горшок – при высеве 15 семян на горшок, 315 растений на 1 м² (pd15).

Полученные данные были использованы при построении регрессионной модели, описывающей урожайность руколы в заданных условиях, в зависимости от плотности посева (105, 210 и 315 растений на 1 м²) и концентраций питательного раствора (680, 1100 и 1370 ppm). На рисунке 3 представлена поверхность средней массы зелени, полученной с 1 горшка по результатам регрессионного анализа. Хорошую достоверность зависимости показывает фактор R²=0,91. Анализ поверхности демонстрирует максимум объемной параболы Z_{max} (1344, 11). Таким образом, для руколы сорта Виктория оптимальная плотность посева составляет 11 семян на 1 горшок (231 растение на 1 м²) при возделывании на питательном растворе с концентрацией 1344 ppm.

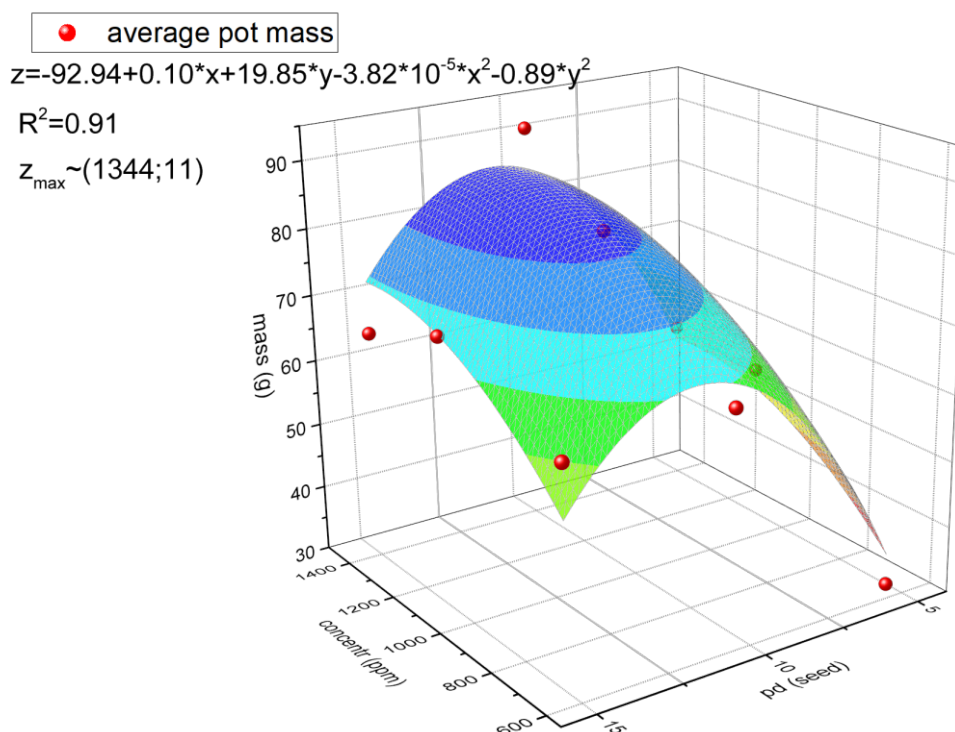


Рисунок 3 – Зависимость средних значений массы зелени руколы с одного горшка от плотности посева и концентрации питательного раствора

Заключение

В результате работы были установлены оптимальные параметры посадки и возделывания руколы сорта Виктория для получения максимального урожая в условиях гидропонного выращивания на отечественных искусственных вегетационных установках с временным горизонтальным затоплением. Для получения урожайности на горшок более 80 грамм необходимо 7 недель при посеве 11 семян на 1 горшок (231 растение на 1 м²), и концентрации питательного раствора 1344 ppm с соотношением NPK 14:9:20.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Бербеков К.З., Езаов А.К. Повышение эффективности выращивания руколы в условиях малообъемной гидропоники и грунтовой культуры // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. 4. 27-30. <https://bulletin.ssaa.ru/1997-3225/article/view/22853>
2. Киселева О.А., Бахтина В.В., Говоруха Е.А. Сравнительная характеристика трех сортов земляники садовой при возделывании в условиях гидропонной культуры // Современное садоводство. 2024. 2. 24-33. <https://elibrary.ru/mxgvcr>
3. Пальцев Л.А., Носков А.И. Ресурсосберегающие технологии выращивания растений методом роторной гидропоники // Россия – Азия – Африка – Латинская Америка: экономика взаимного доверия: материалы конференции. 2019. 234-236. <https://www.elibrary.ru/gcgbiv>
4. Asseng S., Eichelsbacher S. Advancing vertical farming with automation for sustainable food production // Automatisierungstechnik. 2024. 72. 599-605. <https://doi.org/10.1515/auto-2024-0065>
5. Benke K., Tomkins B. Future food-production systems: vertical farming and controlled environment agriculture // Sustainability: Science, Practice and Policy. 2017. 13, 1. 3-26. <https://doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054>
6. Buehler D., Junge R. Global trends and current status of commercial urban rooftop farming // Sustainability. 2016. 8. 1108. <https://doi.org/10.3390/su8111108>
7. Chapman-Lopez T.J., Heilesen J.L., Torres R., Richardson K.A., Gallucci A.R., Koutakis P., Funderburk L.K., Forsse J.S. Rocketing to new frontiers: the effects of arugula consumption on cardiovascular health – a call for action // International Journal of Disease Reversal and Prevention. 2023. 5. 1-8. <https://doi.org/10.22230/ijdrp.2023v5n2a375>
8. Coolong T., Law D.M., Snyder J.C., Rowell B., Williams M.A. Organic leafy greens variety trials in Kentucky: identifying superior varieties for small-scale organic farmers // Horttechnology. 2013. 23. 241-246. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.23.2.241>
9. Genuncio G., Silva R., Sá N., Mary W., Zonta E. Produtividade de rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva // Horticultura Brasileira. 2011. 29. 605-608. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000400027>
10. Kabir M., Reza M., Chowdhury M., Ali M., Samsuzzaman S., Ali M., Lee K., Chung S.-O. Technological trends and engineering issues on vertical farms: a review // Horticulturae. 2023. 9. 1229. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9111229>
11. Kopsell D.E., Kopsell D.A., Lefsrud M.G., Curran-Celentano J. Variability in elemental accumulations among leafy *Brassica oleracea* cultivars and selections // Journal of Plant Nutrition. 2005. 27. 1813-1826. <https://doi.org/10.1081/PLN-200026431>
12. Lino V.A., Bezerra Neto F., Lima J.S., Santos E.C., Nunes R.L., Guerra N.M., Lino F.K.K., Sá J.M., Silva J.N. Beet-arugula intercropping under green manuring and planting density induce to agro-economic advantages // Horticultura Brasileira. 2021. 39. 432-443. <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210413>
13. Oliveira C., Jalal A., Oliveira J., Tamburi K., Teixeira Filho M. Leaf inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Trichoderma harzianum* in hydroponic arugula improve productive components and plant nutrition and reduce leaf nitrate // Pesquisa Agropecuária Tropical. 2022. 52. 1-11. <https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5272755>
14. Rajaseger G., Chan K.L., Tan K. Yee, Ramasamy S., Khin M.C., Amaladoss A., Kadamb Haribhai P. Hydroponics: current trends in sustainable crop production // Bioinformation. 2023. 19. 925-938. <https://doi.org/10.6026/97320630019925>

15. Rana M.K. Vegetable crop science. Boca Raton: CRC Press. 2017. 472. <https://doi.org/10.1201/9781315116204>
16. Santos J., Silva A., Lacerda C., Costa R., Silva G., Putti, F. Frequencies of application and dilution of nutrient solution in hydroponic cultivation of arugula // IRRIGA. 2022. 27. 639-652. <https://doi.org/10.15809/irriga.2022v27n3p639-652>
17. Viana C., Guimarães M., Neto H., Neto B., Sampaio Í., Hendges A., Rabelo J. Intercropping arugula with aromatic condiment species affords better yields, biological efficiency and financial return // Research, Society and Development. 2021. 10. e21910313237. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13237>
18. Yang T., Samarakoon U., Altland J., Ling P. Photosynthesis, biomass production, nutritional quality, and flavor-related phytochemical properties of hydroponic-grown arugula (*Eruca sativa* Mill.) 'Standard' under different electrical conductivities of nutrient solution // Agronomy. 2021. 11. 1340. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071340>

References

1. Berbekov, K.Z., & Ezaov, A.K. (2015). Improving the efficiency of arugula cultivation in the conditions of small-volume hydroponics and soil culture. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*, 4, 27-30. <https://bulletin.ssaa.ru/1997-3225/article/view/22853>. (In Russian, English abstract).
2. Kiseleva, O.A., Bahtina, V.V., & Govorukha, E.A. (2024). Comparative characteristics of three strawberry varieties when hydroponic cultivated. *Contemporary Horticulture*, 2, 24-33. <https://elibrary.ru/mxgvcr>. (In Russian, English abstract).
3. Pal'tsev, L.A., & Noskov, A.I. (2019). Resource-saving technologies for growing plants using rotary hydroponics. In *Russia – Asia – Africa – Latin America: Economy of Mutual Trust: conference proceedings* (pp. 234-236). Ural State University of Economics. <https://www.elibrary.ru/gcgbiv>. (In Russian).
4. Asseng, S., & Eichelsbacher, S. (2024). Advancing vertical farming with automation for sustainable food production, *Automatisierungstechnik*. 72, 599-605. <https://doi.org/10.1515/auto-2024-0065>. (In German, English abstract).
5. Benke, K., & Tomkins, B. (2017). Future food-production systems: vertical farming and controlled environment agriculture. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 13(1), 13-26. <https://doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054>
6. Buehler, D., & Junge, R. (2016). Global trends and current status of commercial urban rooftop farming. *Sustainability*, 8, 1108. <https://doi.org/10.3390/su8111108>
7. Chapman-Lopez, T.J., Heilesen, J.L., Torres, R., Richardson, K.A., Gallucci, A.R., Koutakis, P., Funderburk, L.K., & Forsse, J.S. (2023). Rocketing to new frontiers: the effects of arugula consumption on cardiovascular health – a call for action. *International Journal of Disease Reversal and Prevention*, 5, 1-8. <https://doi.org/10.22230/ijdrp.2023v5n2a375>
8. Coolong, T., Law, D.M., Snyder, J.C., Rowell, B., & Williams, M.A. (2013). Organic leafy greens variety trials in Kentucky: identifying superior varieties for small-scale organic farmers. *Horttechnology*, 23, 241-246. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.23.2.241>
9. Genuncio, G., Silva, R., Sá, N., Mary, W., & Zonta, E. (2011). Produtividade de rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, 29, 605-608. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000400027>. (In Portuguese, English abstract).
10. Kabir M., Reza M., Chowdhury M., Ali M., Samsuzzaman S., Ali M., Lee K., Chung S.-O. (2023). Technological trends and engineering issues on vertical farms: a review. *Horticulturae*, 9, 1229. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9111229>

11. Kopsell, D.E., Kopsell, D.A., Lefsrud, M.G., & Curran-Celentano, J. (2025). Variability in elemental accumulations among leafy *Brassica oleracea* cultivars and selections. *Journal of Plant Nutrition*, 27, 1813-1826. <https://doi.org/10.1081/PLN-200026431>
12. Lino, V.A., Bezerra Neto, F., Lima, J.S., Santos, E.C., Nunes, R.L., Guerra, N.M., Lino, F.K.K., Sá, J.M., & Silva, J.N. (2021). Beet-arugula intercropping under green manuring and planting density induce to agro-economic advantages. *Horticultura Brasileira*, 39, 432-443. <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210413>
13. Oliveira, C., Jalal, A., Oliveira, J., Tamburi, K., & Teixeira Filho, M. (2022). Leaf inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Trichoderma harzianum* in hydroponic arugula improve productive components and plant nutrition and reduce leaf nitrate. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 52, 1-11. <https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5272755>
14. Rajaseger, G., Chan, K.L., Tan, K.Y., Ramasamy, S., Khin, M.C., Amaladoss, A., & Kadamb Haribhai, P. (2023). Hydroponics: current trends in sustainable crop production. *Bioinformation*, 19, 925-938. <https://doi.org/10.6026/97320630019925>
15. Rana, M.K. (Ed.). (2017). *Vegetable crop science*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315116204>
16. Santos, J., Silva, A., Lacerda, C., Costa, R., Silva, G., & Putti, F. (2022). Frequencies of application and dilution of nutrient solution in hydroponic cultivation of arugula. *IRRIGA*, 27, 639-652. <https://doi.org/10.15809/irriga.2022v27n3p639-652>
17. Viana, C., Guimarães, M., Neto, H., Neto, B., Sampaio, Í., Hendges, A., & Rabelo, J. (2021). Intercropping arugula with aromatic condiment species affords better yields, biological efficiency and financial return. *Research, Society and Development*, 10, e21910313237. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13237>
18. Yang, T., Samarakoon, U., Altland, J., & Ling, P. (2021). Photosynthesis, biomass production, nutritional quality, and flavor-related phytochemical properties of hydroponic-grown arugula (*Eruca sativa* Mill.) 'Standard' under different electrical conductivities of nutrient solution. *Agronomy*, 11, 1340. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071340>

Авторы:

Лев Андреевич Пальцев, руководитель ООО «Зеленин», pal.lev97@mail.ru

ORCID: 0009-0003-3002-3713

SPIN: 9426-0882

Евгений Андреевич Суслов, кандидат химических наук, доцент ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», suslov-ea@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9078-7588

SPIN: 3169-9070

Светлана Юрьевна Харлап, кандидат биологических наук, доцент ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», kafedra_tb@urgau.ru

ORCID: 0000-0002-3651-8835

SPIN: 5033-1278

Владимир Андреевич Цыбин, студент ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», davidovWT@yandex.ru

ORCID: 0009-0002-5116-2045

SPIN: 5750-4361

Authors:

Lev A. Paltsev, Head of «Zelenin» LLC, pal.lev97@mail.ru

ORCID: 0009-0003-3002-3713

SPIN: 9426-0882

Evgeny A. Suslov, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor in Ural State Agrarian University, suslov-ea@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9078-7588

SPIN: 3169-9070

Svetlana Yu. Kharlap, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor in Ural State Agrarian University, proffuniver@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-3651-8835

SPIN: 5033-1278

Vladimir A. Tsybin, student at the Ural State Agrarian University, davidovWT@yandex.ru

ORCID: 0009-0002-5116-2045

SPIN: 5750-4361

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.