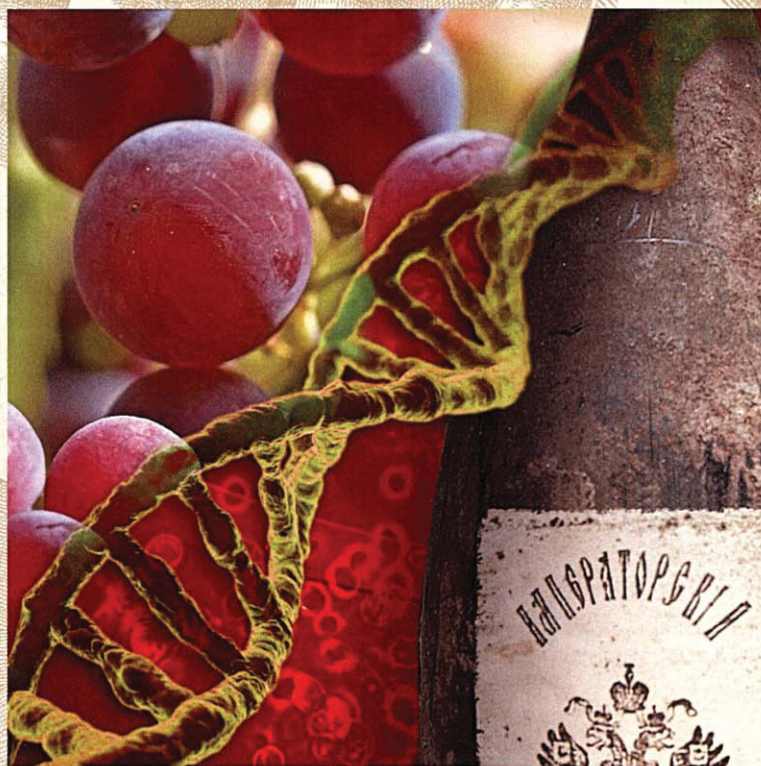


2024•26•4

МАГАРАЧ

ВИНОГРАДАРСТВО
и ВИНODEЛИЕ



MAGARACH

VITICULTURE
and WINEMAKING

МАГАРАЧ

ВИНОГРАДАРСТВО и ВИНОДЕЛИЕ

Научный рецензируемый журнал «Магарач». Виноградарство и виноделие»
Периодическое печатное издание основано в 1989 г. Выходит 4 раза в год.

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН» (ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»)

Главный редактор: Лиховской В.В., д-р с.-х. наук, директор ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН».

Заместители главного редактора:

Алейникова Н.В., д-р с.-х. наук, зам. директора по научной работе, гл. науч. сотр. лаборатории защиты растений ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»;

Остроухова Е.В., д-р техн. наук, гл. науч. сотр. лаборатории тихих вин ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН».

Свидетельство о регистрации СМИ:
ПИ № ФС77-74005 от 19.10.2018 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Журнал зарегистрирован в системе РИНЦ, входит в «Перечень ... ВАК» по специальностям:

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки)

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (биологические науки)

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры (сельскохозяйственные науки)

4.3.3. Пищевые системы (технические науки)

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» - 58301

Редакторы: Клепайло А.И., Зименс Е.Е.

Переводчик: Баранчук С.Л.

Компьютерная верстка: Филимоненков А.В., Булгакова Т.Ф.

Адрес редакции: 298600, Республика Крым, г. Ялта, ул. Кирова, 31, ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН». Тел.: (3654) 26-21-91, 23-05-91, 23-06-08 e-mail: edi_magarach@mail.ru

Статьи для публикации подаются на сайте:

magarach-journal.ru

Дата выхода в свет 18.12.2024 г.

Формат А4. Объем 13 п.л. Тираж 80 экз.

Адрес издателя и типографии: 298600, Республика Крым, г. Ялта, ул. Кирова, 31, ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»

тел.: +7(3654) 23-05-91, 26-21-91; 23-06-08

e-mail: priemnaya@magarach-institut.ru

© ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН», 2024
ISSN 2309-9305



БЕСПЛАТНО

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Агеева Н.М., д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр. научного центра «Виноделие» ФГБУН СКФНЦСВВ (Россия);

Аникина Н.С., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., зав. лабораторией химии и биохимии вина ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» (Россия);

Бейбулатов М.Р., д-р с.-х. наук, гл. науч. сотр. лаборатории агротехнологий винограда, ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» (Россия);

Волкова Г.В., д-р биол. наук, зам. директора, зав. лабораторией иммунитета растений к болезням ФГБУН ВНИИБЗР (Россия);

Волькин В.А., д-р с.-х. наук, проф., гл. науч. сотр. сектора амелографии ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» (Россия);

Гержикова В.Г., д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр. лаборатории химии и биохимии вина ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» (Россия);

Гутчикова Т.И., д-р с.-х. наук, проф., гл. науч. сотр. научного центра «Виноделие» ФГБУН СКФНЦСВВ (Россия);

Долженко В.И., акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф., руководитель центра биологической регламентации использования пестицидов ФГБУН ВИЗР (Россия);

Долженко Т.В., д-р биол. наук, проф. кафедры защиты и карантина растений, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (Россия);

Егоров Е.А., акад. РАН, д-р экон. наук, проф., гл. науч. сотр., директор ФГБУН СКФНЦСВВ (Россия);

Загоруйко В.А., д-р техн. наук, проф., чл.-корр. НААН, гл. науч. сотр., зав. лабораторией коньяка ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» (Россия);

Замотайлов А.С., д-р биол. наук, проф., зав. кафедрой фитопатологии, энтомологии и защиты растений ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (Россия);

Кишкоровская С.А., д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр. лаборатории микробиологии ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» (Россия);

Клименко В.П., д-р с.-х. наук, гл. науч. сотр., зав. лабораторией генетики, биотехнологий селекции и размножения винограда ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» (Россия);

Макаров А.С., д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр. лаборатории игристых вин ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» (Россия);

Михловский Милош, д-р с.-х. наук, руководитель «Винселект Михловски», энолог, селекционер (Чешская Республика);

Ник Петер, проф., директор Ботанического института Карлсруэ (Германия);

Новело Витторино, проф. кафедры виноградарства Туринского университета (Италия);

Оганесянц Л.А., акад. РАН, д-р техн. наук, проф., научный руководитель ВНИИ пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности - филиал ФГБУН «ФНЦПС им. В.М. Горбатова РАН» (Россия);

Панасюк А.А., чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, проф., зам. директора по научной работе ВНИИ пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности - филиал ФГБУН «ФНЦПС им. В.М. Горбатова РАН» (Россия);

Панахов Т.М. олы, канд. техн. наук, доцент, НИИВиВ Республики Азербайджан (Азербайджан);

Паштецкий В.С., чл.-корр. РАН, д-р с.-х. наук, директор ФГБУН «НИИСХ Крыма» (Россия);

Петров В.С., д-р с.-х. наук, вед. науч. сотр. научного центра «Виноградарство» ФГБУН СКФНЦСВВ (Россия);

Ройчев Венелин, д-р с.-х. наук, проф. кафедры виноградарства, Сельскохозяйственный университет г. Пловдив (Болгария);

Савин Георг, д-р с.-х. наук, НПИ садоводства, виноградарства и пищевых технологий, Кишинёв (Республика Молдова);

Салимов Вугар, д-р с.-х. наук, директор НИИВиВ Республики Азербайджан (Азербайджан);

Синецкий С.П., д-р биол. наук, директор БРЦ ВКПМ НИЦ «Курчатовский институт» (Россия);

Странишевская Е.П., д-р с.-х. наук, проф., гл. науч. сотр., зав. лабораторией органического виноградарства ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» (Россия);

Трошин А.П., д-р биол. наук, проф. кафедры виноградарства ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» (Россия);

Файла Освальдо, проф. кафедры сельскохозяйственных и экологических наук Миланского университета (Италия);

Челик Хасан, почетный проф. виноградарства кафедры сельскохозяйственных наук и технологий Европейского университета Лефке (Северный Кипр).

MAGARACH VITICULTURE and WINEMAKING

Scientific Peer Reviewed Journal
Magarach. Viticulture and Winemaking
Sectoral periodical founded in 1989.
Published 4 times a year.

EDITORIAL BOARD:

Founder: Federal State Budget Scientific Institution All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking "Magarach" of the Russian Academy of Sciences (FSBSI Magarach).

Chief Editor:

Likhovskoi V.V., Dr. Agric. Sci., Director of the FSBSI All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the Russian Academy of Sciences (RAS).

Deputy Chief Editors:

Aleinikova N.V., Dr. Agric. Sci., Deputy Director for Science, Chief Staff Scientist, Laboratory of Plant Protection, FSBSI Magarach;

Ostroukhova E.V., Dr. Techn. Sci., Chief Staff Scientist, Laboratory of Still Wines, FSBSI Magarach; Russia.

Editorial address:

31, Kirova Street, 298600, Yalta, Republic of Crimea, Russia, Federal State Budget Scientific Institution All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS.
tel.: +7 (3654) 26-21-91
e-mail: edi_magarach@mail.ru

Submit articles for publication online at:
magarach-journal.ru

Address of the publisher and printing house:

31, Kirova Street, 298600, Yalta, Republic of Crimea, Russia, Federal State Budget Scientific Institution All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS.

tel.: +7 (3654) 23-05-91,

+7 (3654) 26-21-91,

fax: +7 (3654) 23-06-08

e-mail: priemnaya@magarach-institut.ru

Ageeva N.M., Dr. Techn. Sci., Professor, Chief Staff Scientist of the Research Centre "Winemaking", FSBSI North Caucasian Federal Research Centre for Horticulture, Viticulture, Winemaking (Russia);

Anikina N.S., Dr. Techn. Sci., Chief Staff Scientist, Head of the Laboratory of Chemistry and Biochemistry of Wine, FSBSI Magarach (Russia);

Beibulov M.R., Dr. Agric. Sci., Chief Staff Scientist of the Laboratory of Grape Agrotechnologies, FSBSI Magarach (Russia);

Volkova G.V., Dr. Biol. Sci., Deputy Director, Head of the Laboratory of Plant Immunity to Diseases, FSBSI All-Russian Research Institute of Plant Biological Protection (Russia);

Volynkin V.A., Dr. Agric. Sci., Professor, Chief Staff Scientist of the Ampelography Sector, FSBSI Magarach (Russia);

Gerzhikova V.G., Dr. Techn. Sci., Professor, Chief Staff Scientist of the Laboratory of Chemistry and Biochemistry of Wine, FSBSI Magarach (Russia);

Guguchkina T.I., Dr. Agric. Sci., Professor, Chief Staff Scientist of the Research Centre "Winemaking", FSBSI North Caucasian Federal Research Centre for Horticulture, Viticulture, Winemaking (Russia);

Dolzhenko V.I., Academician of the RAS, Dr. Agric. Sci., Professor, Head of the Centre for Biological Regulation of Pesticide Use, FSBSI VIZR (Russia);

Dolzhenko T.V., Dr. Biol. Sci., Professor, Department of Plant Protection and Quarantine, FSBEI HE St. Petersburg State Agrarian University (Russia);

Egorov E.A., Academician of the RAS, Dr. Econ. Sci., Professor, Chief Staff Scientist, Director of the FSBSI North Caucasian Federal Research Centre for Horticulture, Viticulture, Winemaking (Russia);

Zagorouiko V.A., Dr. Techn. Sci., Professor, Corresponding member of the National Academy of Agrarian Sciences (NAAS), Chief Staff Scientist, Head of the Laboratory of Cognac and Brandy, FSBSI Magarach (Russia);

Zamotailov A.S., Dr. Biol. Sci., Professor, Head of the Department of Phytopathology, Entomology and Plant Protection, FSBEI HE Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin (Russia);

Kishkovskaya S.A., Dr. Techn. Sci., Professor, Chief Staff Scientist of the Department of Microbiology, FSBSI Magarach (Russia);

Klimenko V.P., Dr. Agric. Sci., Chief Staff Scientist, Head of the Laboratory of Grapevine Genetics, Selection Biotechnologies and Propagation, FSBSI Magarach (Russia);

Makarov A.S., Dr. Techn. Sci., Professor, Chief Staff Scientist of the Laboratory of Sparkling Wines, FSBSI Magarach (Russia);

Michlovsky Miloch, Dr. Agric. Sci., Chairman of the Vinselekt Michlovsky plc., oenologist, breeder (Czech Republic);

Nick Peter, Professor, Director of the Botanical Institute of Karlsruhe (Germany);

Novello Vittorio, Professor of Viticulture, University of Turin (Italy);

Oganesyants L.A., Academician of the RAS, Dr. Techn. Sci., Professor, Academic Advisor of the All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Nonalcoholic and Wine Industry - Branch of the FSBSI Federal Scientific Centre of Food Systems named after V.M. Gorbatoev of the RAS (Russia);

Panasjuk A.L., Corresponding Member of the RAS, Dr. Techn. Sci., Professor, Deputy Director for Science of the All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Nonalcoholic and Wine Industry - Branch of the FSBSI Federal Scientific Centre of Food Systems named after V.M. Gorbatoev of the RAS (Russia);

Panakhov T.M. ogly, Cand. Techn. Sci., Associate Professor, Azerbaijan Scientific and Research Institute of Viticulture and Winemaking of the Republic of Azerbaijan (Azerbaijan);

Pashetskiy V.S., Corresponding Member of the RAS, Dr. Agric. Sci., Director of the FSBSI Research Institute of Agriculture of Crimea (Russia);

Petrov V.S., Dr. Agric. Sci., Leading Staff Scientist of the Research Center «Viticulture», FSBSI North Caucasian Federal Research Centre for Horticulture, Viticulture, Winemaking (Russia);

Roychev Venelin, Dr. Agric. Sci., Professor of the Department of Viticulture, Agricultural University of Plovdiv (Bulgaria);

Savin Gheorghe, Dr. Agric. Sci., ISPHTA Chisinau (Moldova);

Salimov Vugar, Dr. Agric. Sci., Director of the Azerbaijan Scientific and Research Institute of Viticulture and Winemaking of the Republic of Azerbaijan (Azerbaijan);

Sineoky S.P., Dr. Biol. Sci., Director of the BRC All-Russian Collection of Industrial Microorganisms, National Research Center «Kurchatov Institute» (Russia);

Stranishevskaya E.P., Dr. Agric. Sci., Professor, Chief Staff Scientist, Head of the Laboratory of Organic Viticulture, FSBSI Magarach (Russia);

Troshin L.P., Dr. Biol. Sci., Professor of the Department of Viticulture, FSBEI HE Kuban State Agrarian University (Russia);

Failla Osvaldo, Professor of the Department of Agricultural and Environmental Sciences, University of Milan (Italy);

Celik Hasan, Emeritus Professor of Viticulture of the Department of Horticulture Sciences and Technologies, European University of Lefke (North Cyprus).

СЕЛЕКЦИЯ И
ПИТОМНИКОВОДСТВО _____

Оригинальное исследование

- 322 Вариабельность скрещиваемости крымских
аборигенных сортов винограда и сложных
межвидовых гибридов

*Лиховской В.В., Студенникова Н.Л., Котоловец З.В.,
Рыбаченко Н.А., Андросова М.А., Гончаренко В.А.*

Оригинальное исследование

- 329 Тестирование генотипов *Linum usitatissimum* L.
по адаптивности и стабильности в условиях
Северного Зауралья

Королёв К.П., Якубенко А.Н., Якубенко Э.Н.

ВИНОГРАДАРСТВО _____

Оригинальное исследование

- 336 Реакция сорта винограда Цветочный на
гидротермические стрессы вегетационных
периодов

*Гусейнов Ш.Н., Майбородин С.В., Манацков А.Г.,
Микита М.С.*

Оригинальное исследование

- 342 Агроэкологические аспекты применения
удобрений на основе дигестата в ампелоценозе
Красильников А.А., Руссо Д.Э.

Оригинальное исследование

- 349 Перспективы увеличения технического ресурса
культиваторных лап при обработке почвы в
междурядьях виноградников

*Горобей В.П., Москалевич В.Ю., Лотуга Н.А., Карпенко С.Н.,
Легостаев С.В.*

САДОВОДСТВО _____

Оригинальное исследование

- 357 Продуктивность сортов яблони на подвое М-9
в зависимости от плотности размещения деревьев
в саду

Кириченко В.С., Усейнов Д.Р.

Оригинальное исследование

- 362 Изучение морозостойкости сортов и форм
колонновидной яблони в Крыму

Усков М.К.

Оригинальное исследование

- 367 Особенности роста и развития деревьев черешни в
зависимости от системы формирования кроны

Усейнов Д.Р., Горина В.М.

Оригинальное исследование

- 372 Взаимоопыляемость и самоплодность
новых сортов груши селекции Никитского
ботанического сада и Крымской опытной станции
садоводства

Бабина Р.Д., Чакалова Е.А., Коваленко О.В.

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ _____

Оригинальное исследование

- 379 Разработка регламентов применения различных
систем внескорневого питания при возделывании
винограда в условиях Крыма

*Алейникова Н.В., Диденко П.А., Галкина Е.С.,
Радиононская Я.Э., Шапоренко В.Н., Андреев В.В.,
Диденко Л.В., Болотьянская Е.А., Белаш С.Ю.*

ПЕРЕРАБОТКА И
ХРАНЕНИЕ _____

Аналитический обзор

- 386 Современные стратегии управления качеством
винограда и другой плодовоовощной продукции для
увеличения сроков хранения

Левченко С.В., Романов А.В., Бойко В.А., Белаш Д.Ю.

ВИНОДЕЛИЕ,
ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ _____

Оригинальное исследование

- 396 Оценка перспективности штаммов дрожжей для
производства игристых вин из сорта Сары пандас

*Шмигельская Н.А., Макаров А.С., Лутков И.П.,
Максимовская В. А., Сивочуб Г.В., Тимошенко Е.А.,
Дзотцоева Э.Э.*

Оригинальное исследование

- 403 Апробация дрожжей несхаромицетов
ампелоценозов Крыма в виноделии

*Семенова К.А., Шаламитский М.Ю., Луткова Н.Ю.,
Загоруйко В.И.*

Аналитический обзор

- 408 Методическая база для многоэлементного
анализа вин

*Аникина Н.С., Гниломедова Н.В., Сластья Е.А.,
Пелипасов О.В.*

Оригинальное исследование

- 416 Перспективы использования установки марки
УПХ-850 для производства хереса пленочным
методом

*Сильвестров А.В., Чаплыгина Н.Б., Загоруйко В.А.,
Иванова Е.В., Червяк С.Н., Мишунова Л.А.*

MAGARACH. VITICULTURE AND WINEMAKING
C O N T E N T · 2024·26·4

SELECTION and NURSERY _____

ORIGINAL RESEARCH

- 322 Variability of interbreeding of Crimean aboriginal grape varieties and complex interspecific hybrids
Likhovskoi V.V., Studennikova N.L., Kotolovets Z.V., Rybachenko N.A., Androsova M.A., Goncharenko V.A.

ORIGINAL RESEARCH

- 329 Testing of *Linum usitatissimum* L. genotypes for adaptability and stability in the conditions of Northern Trans-Urals
Korolev K.P., Yakubenko A.N., Yakubenko E.N.

VITICULTURE _____

ORIGINAL RESEARCH

- 336 The response of 'Tsvetochnyi' grape variety to hydrothermal stresses of growing seasons
Guseinov Sh.N., Majborodin S.V., Manatskov A.G., Mikita M.S.

ORIGINAL RESEARCH

- 342 Agroecological aspects of the application of digestate-based fertilizers in ampelocenosis
Krasilnikov A.A., Russo D.E.

ORIGINAL RESEARCH

- 349 Prospects for increasing the technical life of cultivator sweeps when cultivating soil between rows in the vineyards
Gorobey V.P., Moskalevich V.Yu., Lotuga N.A., Karpenko S.N., Legostaev S.V.

GARDENING _____

ORIGINAL RESEARCH

- 357 Productivity of apple varieties on M-9 rootstock depending on planting density of trees in a garden
Kirichenko V.S., Useinov D.R.

ORIGINAL RESEARCH

- 362 Study of frost resistance of varieties and forms of columnar apple trees in Crimea
Uskov M.K.

ORIGINAL RESEARCH

- 367 Features of growth and development of sweet cherry trees depending on the crown training system
Useinov D.R., Gorina V.M.

ORIGINAL RESEARCH

- 372 Cross-pollination and self-fertility of new pear varieties bred by the Nikitsky Botanical Garden and Crimean Experimental Horticulture Station
Babina R.D., Chakalova E.A., Kovalenko O.V.

PLANT PROTECTION _____

ORIGINAL RESEARCH

- 379 Development of procedures for the use of various foliar nutrition systems in cultivating grapes in Crimea
Aleinikova N.V., Didenko P.A., Galkina Ye.S., Radionovskaya Ya.E., Shaporenko V.N., Andreiev V.V., Didenko L.V., Bolotianskaia E.A., Belash S.Yu.

PROCESSING and STORAGE _____

ANALYTICAL REVIEW

- 386 Modern strategies for quality management of grapes and other fruit and vegetable products to increase their shelf life
Levchenko S.V., Romanov A.V., Boiko V.A., Belash D.Yu.

WINEMAKING. FOOD SYSTEMS _____

ORIGINAL RESEARCH

- 396 Prospective assessment of yeast strains for the production of sparkling wines from 'Sary Pandas' grape variety
Shmigelskaia N.A., Makarov A.S., Lutkov I.P., Maksimovskaia V.A., Sivochoub G.V., Timoshenko E.A., Dzottsoeva E.E.

ORIGINAL RESEARCH

- 403 Practical testing of non-*Saccharomyces* yeast of Crimean ampelocenoses in winemaking
Semenova K.A., Shalamitskiy M.Yu., Lutkova N.Yu., Zagoruiko V.I.

ANALYTICAL REVIEW

- 408 Methodological basis for multi-element analysis of wines
Anikina N.S., Gnilomedova N.V., Slastya E.A., Pelipasov O.V.

ORIGINAL RESEARCH

- 416 Prospects of using the UPH-850 unit for sherry production by the film method
Silvestrov A.V., Chaplygina N.B., Zagoruiko V.A., Ivanova E.V., Chervyak S.N., Mishunova L.A.

Дорогие читатели!

Обзор значительных событий четвертого квартала года я хочу начать с III-го Российского винодельческого форума, который состоялся в Москве 7-8 ноября. Он отличался насыщенной программой, широким спектром направлений работы и был призван показать состояние отрасли и привлечь крупных инвесторов. Впервые российское виноделие было представлено не только как эффективно развивающаяся отрасль общественного производства, но и как культурно-исторический феномен. Среди участников форума было немало представителей гуманитарной сферы, что говорит о значительном потенциале для развития культуры виноделия. Однако ключевыми темами для обсуждения были проблемы регуляторной политики в области питомниководства – меры государственной поддержки его развития пока недоработаны. Отмечу также дискуссию об определении подлинности вин и импортируемых коньячных спиртов. Последний вопрос рассматривался на заседании Технического комитета 126 Росстандарта. Мы изложили позицию института по всем ключевым моментам. Мы также ознакомили всех о том, что институт уже сегодня дает производству.

Наградой на форуме - премией им. А.С. Голицына были отмечены двое сотрудников «Магарача» за рекомендации по размещению виноградников в Республике Крым.

Еще одним важным для нас событием можно назвать V дегустационный конкурс «Антицея-2024» в Краснодаре, на котором золотые медали получили образцы наших белых марочных вин «Херес Магарач» ур. 2005 г. и «Мускат белый «Магарач» ур. 2008 г. Молодое вино «Бастардо магарачский» ур. 2023 г. ЗГУ было отмечено серебряной медалью. Это первая награда, полученная новым коллективом нового экспериментального завода, что особенно приятно.

Делегация ученых института активно участвовала в IV-м конгрессе молодых ученых в «Сириусе».

Из событий в институте отмечу итоги многолетней работы в области селекции и генетики винограда. Ученые «Магарача» подали заявки в Госсорткомиссию на регистрацию новых сортов винограда Заря, Отраднй Магарача, вдобавок к заявленным ранее сортам Партенитский, Крымская Весна, Мисюли Магарача, Черноморец. Мы также получили решение Госсорткомиссии о выдаче патентов на сорта винограда Кефесия Магарача и Солнечная гроздь. Как в течение года, так и в анализируемом 4-м квартале были востребованы оперативные научные консультации (консалтинг) наших ученых из лабораторий защиты растений, органического виноградарства, а также несколько выпусков курсов повышения квалификации, проводимых отделом химии вина.



Успехи в организационной и коммерческой деятельности института я связываю со стабильной работой лаборатории экспериментального виноделия и коллекционных вин. Четко и слаженно был произведен розлив вин 2023 года и переработан виноград текущего года.

Хочу подчеркнуть, что сегодня, когда наш уникальный научный центр завершил свой 196-й год, перед нами стоит задача вернуть ему то значение в научном мире, тот образ в общественном сознании, который он всегда имел (но частично утратил в силу разных причин) и который по праву заслуживает. В этом смысле важна работа по популяризации «Магарача» и отраслевой науки в целом. В IV-м квартале года наши сотрудники были разносторонне представлены в цифровом пространстве. Мы начали работу с московскими специалистами по созданию экспозиции института в Музее вина в Геленджике. Мы продолжаем возрождать забытые имена в истории «Магарача». Опубликовано исследование о деятельности старейшего виноградаря М.Я. Орленко, консультанта А.М. Фролова-Багреева и М.А. Герасимова. Мы продолжаем выяснять нюансы создания Магарачского заведения с помощью российских архивов.

Но наш долг – приумножить наследие, распространять сорта «Магарача» и создавать новые, развивать научную школу виноделия. Сертификация лабораторий, их работа откроет нам новые возможности, даст точное представление о винах России.

Планы на будущее четко определены «Концепцией развития виноградарства и виноделия до 2050 года». Дело за нами.

*Главный редактор
Владимир Лиховской*

Вариабельность скрещиваемости крымских аборигенных сортов винограда и сложных межвидовых гибридов

Лиховской В.В.¹, Студенникова Н.Л.^{1✉}, Котоловец З.В.¹, Рыбаченко Н.А.¹, Андросова М.А.¹, Гончаренко В.А.²

¹Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, г. Ялта, Республика Крым, Россия;

²Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Республика Крым, Россия.

✉select@magarach-institut.ru

Аннотация. В связи с глобальным изменением климата устойчивость автохтонных сортов к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям имеет особое значение для развития аутентичного виноградарства и виноделия, генеративной селекции и клонового улучшения. Создание новых генотипов винограда – аналогов по качественным характеристикам крымских аборигенных сортов, является актуальным. Цель исследования – изучение скрещиваемости крымских аборигенных сортов и сортов межвидового происхождения для выделения наиболее перспективных для гибридизации исходных форм, обеспечивающих получение наибольшего количества выполненных семян и сильнорослых сеянцев. Проанализированы 38 комбинаций скрещивания от внутривидовой и межвидовой гибридизации, выполненных в 2021–2022 гг. В исследование включены в качестве материнских форм 3 местных сорта Крыма (Кефесия, Сары пандас, Херсонесский), имеющие функционально женский тип цветка, и 5 сортов и форм межвидового происхождения (Ассоль, Памяти Голодриги, Асма Магарача, М № 126-83-123, R-73); в качестве отцовских форм использовалась пыльца 8 сложных межвидовых гибридов. Скрещивания осуществлялись по схеме: крымские аборигенные сорта × сорта *Vitis vinifera* L. и межвидовые гибриды; межвидовые гибриды × межвидовые гибриды. В результате гибридизации при опылении 118 соцветий получено 5579 шт. семян и 1030 сеянцев первого года жизни. Выделена материнская форма (крымский аборигенный сорт Кефесия), обеспечивающая получение максимального количества семян (1579 шт.) и сеянцев в расчете на одну комбинацию скрещивания (315,8 шт.). Среди сложных межвидовых гибридов, вовлеченных в гибридизацию в качестве материнских форм, выделены М № 126-83-123 и Ассоль, обеспечивающие получение максимального количества сеянцев на 1 комбинацию скрещивания. Сорта Красень и Антей магарачский в комбинациях с сортами межвидового происхождения обеспечивают получение сильнорослого потомства. Выделенные сорта служат ценным исходным материалом для проведения дальнейшей селекционной работы методом гибридизации.

Ключевые слова: сорт; виноград; аборигенные сорта; всхожесть; семена; полноценные семена.

Для цитирования: Лиховской В.В., Студенникова Н.Л., Котоловец З.В., Рыбаченко Н.А., Андросова М.А., Гончаренко В.А. Вариабельность скрещиваемости крымских аборигенных сортов винограда и сложных межвидовых гибридов // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):322-330. EDN ATKKJP.

Variability of interbreeding of Crimean aboriginal grape varieties and complex interspecific hybrids

Likhovskoi V.V.¹, Studennikova N.L.^{1✉}, Kotolovets Z.V.¹, Rybachenko N.A.¹, Androsova M.A.¹, Goncharenko V.A.²

¹All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russia;

²Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russia.

✉select@magarach-institut.ru

Abstract. In connection with global climate change, the resistance of autochthonous varieties to unfavorable soil and climatic conditions is of particular importance for the development of authentic viticulture and winemaking, generative selection and clonal improvement. The creation of new grape genotypes as the analogues of Crimean aboriginal varieties in quality characteristics is relevant. The goal of research is to study interbreeding ability of Crimean aboriginal varieties and interspecific origin varieties in order to identify the most promising for hybridization initial forms, ensuring the largest amount of full seeds and vigorous seedlings. In total, 38 crossing combinations from intraspecific and interspecific hybridization carried out in 2021-2022 were analyzed. The study included 3 Crimean aboriginal varieties ('Kefesiya', 'Sary Pandas', 'Khersonesskiy') with a functionally female flower type and 5 varieties and forms of interspecific origin ('Assol', 'Pamyati Golodrigi', 'Asma Magaracha', M No. 126-83-123, R-73) as maternal forms; the pollen of 8 complex interspecific hybrids was used as paternal forms. Crossings were carried out according to the following scheme: Crimean aboriginal varieties × *Vitis vinifera* L. varieties and interspecific hybrids; interspecific hybrids × interspecific hybrids. As a result of hybridization, 5579 seeds and 1030 first-year seedlings were obtained after pollination of 118 inflorescences. The maternal form (Crimean aboriginal variety 'Kefesiya') was selected to ensure the obtaining of maximal number of seeds (1579 pcs.) and seedlings per one crossing combination (315.8 pcs.). Among the complex interspecific hybrids involved in hybridization as maternal forms, M No. 126-83-123 and 'Assol' were selected as ensuring the maximal number of seedlings per 1 crossing combination. The varieties 'Krasen' and 'Antei Magarachskiy' in combinations with varieties of interspecific origin ensure vigorous progeny. The varieties selected are a valuable source material for further breeding work using the method of hybridization.

Key words: variety; grapes; aboriginal varieties; germination; seeds; full seeds.

For citation: Likhovskoi V.V., Studennikova N.L., Kotolovets Z.V., Rybachenko N.A., Androsova M.A., Goncharenko V.A. Variability of interbreeding of Crimean aboriginal grape varieties and complex interspecific hybrids. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):322-330. EDN ATKKJP (in Russian).

Введение

Проведение искусственной генеративной гибридизации позволило создать значительное число высокопродуктивных сортов. Селекционерами были разработаны теоретические основы, сформулированы схема и этапы селекционного процесса. Если на первых порах необходимо было просто улучшать лишь отдельные свойства, то в настоящее время требуется создание сортов, которые отличаются по целому комплексу хозяйственных и биологических признаков и отвечают современным условиям. Широкое применение внутривидовой гибридизации в рамках *Vitis vinifera L.* обеспечило создание множества известных сортов, например, Жемчуг Саба, Королева виноградников, Италия, Мускат гамбургский, Кардинал и многие другие, которые получили распространение во многих странах мира. Создано значительное число межвидовых гибридов различного происхождения: европейско-американских, европейско-амуро-американских, американо-амурских и т.д. Сложные гибриды Сейв Виллара, Зейбея, Жоаннес Сейва, Равата были использованы в качестве родительских форм и дали потомство по качеству на уровне европейских сортов, а по устойчивости к грибным заболеваниям и филлоксере существенно их превосходящие [1–7].

В селекцию на устойчивость к грибным болезням, вредителям и низким температурам привлекают не только сорта *Vitis vinifera L.*, но и генофонд межвидового происхождения. Жученко А.А. отмечал, что только в процессе сопряженной эволюции растения-хозяина и паразита создаются условия для узкоспециализированной адаптации хозяина и патогена, которая обеспечивает специфическую устойчивость и взаимную приспособленность. По мнению автора поиск доноров устойчивости следует проводить прежде всего среди местных сортов и популяций для повышения устойчивости к патогенам, специализированным к конкретным экотипам сортов [8–11].

Первостепенное значение приобретает выведение высокоурожайных, иммунных к болезням сортов винограда, сочетающих высокое накопление сахаров наряду с другими признаками. Требования к техническим сортам винограда базируются на особенностях тех типов и марок вин, для приготовления которых они могут быть использованы. К таким особенностям относятся, например, ярко выраженный аромат ягоды сорта (пасленовый, мускатный, цитронный и т.д.), наличие красящих веществ в ягоде, оттенок окраски, выход сула, процент гребней, срок созревания и др. К винограду столовых сортов обязательно следующие параметры: наличие средnekрупных, нарядных, среднеплотных гроздей; однородных, крупных или средних ягод, покрытых пруиновым налетом; мясистой, плотной, иногда хрустящей консистенции мякоти. Определяющим признаком качества винограда столовых сортов являются высокие вкусовые достоинства, обусловленные гармоничным сочетанием сахаристости и кислотности сока ягод. Максимальное увеличение периода потребления свежей продукции достигается созданием сортового конвейера [12–14].

В последние годы появился спрос на продукцию из автохтонных сортов винограда. В связи с этим перед селекционерами ставятся новые задачи по созданию сортов, аналогичных аборигенным по качественным характеристикам, и отличающихся повышенной продуктивностью и устойчивостью к стрессовым факторам биосферы. Аборигенные сорта Крыма относятся к виду *Vitis vinifera L.* подвиду *Vitis vinifera L. subsp. vinifera*, часть из них обладает функционально женским типом цветка, что влияет на стабильность оплодотворения, урожайность и напрямую зависит от климатических условий возделывания [15, 16]. Интерес к использованию автохтонных сортов в виноделии основан на уникальности их органолептических характеристик за счет определенного терруара возделывания и особенностей сортовой специфики, а также способности автохтонов расти и плодоносить на тяжелых глинистых почвах с сильным хлоридно-сульфатным засолением и адаптацией к засушливым климатическим условиям исторического ареала. В связи с глобальным изменением климата, проявляющимся в повышении температуры окружающей среды и увеличении дефицита пресной воды, устойчивость автохтонных сортов к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям и их засухоустойчивость имеет особое значение для развития аутентичного виноградарства и виноделия, генеративной селекции и клонового улучшения [17–20].

Изучение скрещиваемости исходных форм является одним из основных методов определения эффективности гибридизации. Биологическая изменчивость скрещиваемости зависит от материнских и отцовских форм, их сочетания на генетическом уровне. В частности, от принадлежности к разным эколого-географическим группам в пределах подвида *Vitis vinifera L. subsp. vinifera* и видовой принадлежности исходных форм, их совместности, зависит степень образования полноценных гибридных семян, их всхожесть и расщепление потомства по силе роста. [21–23]. Согласно исследованиям Волюнкина В.А. [22] установлено, что формирование ягод носит характер биологической особенности исходного материнского сорта и не зависит от отцовской формы, а завязывание и формирование полноценных семян связано с материнской и отцовской формами.

Внедрение в производство новых сортов винограда позволит повысить эффективность виноградарско-винодельческой отрасли в Российской Федерации и обеспечить процесс импортозамещения.

Цель исследования – изучить скрещиваемость крымских аборигенных сортов и сортов межвидового происхождения для выделения наиболее перспективных для гибридизации исходных форм, обеспечивающих получение наибольшего количества выполненных семян и сильнорослых сеянцев.

Материалы и методы исследования

Изучение скрещиваемости родительских форм проводилось на селекционных участках Южного берега Крыма, Предгорного района Крыма, в питомнике отделения агротехники и питомниководства

декоративных растений «Приморское» Никитского ботанического сада. Гибридные семена высевались в грядках с туманообразующим поливом. В дальнейшем сеянцы пересаживались на постоянное место почвенных участков в п. Отрадное (г. Ялта).

Для оценки variability скрещиваемости аборигенных сортов Крыма и межвидовых сортов проанализированы 38 комбинаций скрещивания от внутривидовой и межвидовой гибридизации, выполненных в 2021–2022 гг.

Исследования проводились по общепринятым в виноградарстве методам [24–26].

В изучение включены:

– в качестве материнских форм: 3 местных сорта Крыма (Кефесия, Сары пандас, Херсонесский), имеющих функционально женский тип цветка, и 5 сортов и форм межвидового происхождения (Ассоль, Памяти Голодриги, Асма Магарача, М № 126-83-123, R-73);

– в качестве отцовских форм: пыльца 5 сложных межвидовых гибридов (Красень, Ассоль, Антей магарачский, Памяти Голодриги, R-73), сорта *Vitis vinifera* L. (Каберне Совиньон) и двух крымских аборигенных сортов (Джеват кара, Кокур белый).

Скрещивания осуществлялись по схеме: крымские аборигенные сорта × сорта *Vitis vinifera* L., межвидовые гибриды и крымские аборигенные сорта; межвидовые гибриды × межвидовые гибриды.

Результаты и их обсуждение

В результате гибридизации при опылении 118 соцветий получено 5579 шт. семян и 1030 сеянцев первого года жизни (табл. 1). Наибольшее количество скрещиваний (8) осуществлено с участием материнской формы Сары пандас. При этом максимальное количество семян (1579 шт.) и гибридных сеянцев в расчете на одну комбинацию скрещивания (315,8 шт.) получено с участием сорта Кефесия. Минимальные значения по этим показателям отмечены у сорта Херсонесский. В среднем за годы исследования в скрещиваниях с участием сорта Кефесия получено максимальное количество ягод (974 шт.). Всхожесть семян зависит от наследственной силы, заключающейся в том, что необходимые ткани и органы сформированы и созрели для обеспечения всхожести в соответствующих условиях. Получение семян низкой жизнеспособности определяется материнским генотипом задолго до опыления. Среди представленных сортов выделяется материнская форма Сары пандас, обеспечивающая при гибридизации максимальное количество сеянцев на 1 комбинацию скрещивания – более 36 шт.

В гибридизации с участии

ем сложных межвидовых гибридов наибольшее число скрещиваний осуществлено с материнской формой М № 126-83-123. Максимальное количество семян и гибридных сеянцев в расчете на одну комбинацию скрещивания получено с участием формы М № 126-83-24 и сорта Ассоль. Минимальные значения по данным показателям установлены для сорта Памяти Голодриги и формы R-73. При этом в среднем за годы исследования максимальное количество ягод получено в скрещиваниях с участием форм R-73 и М № 126-83-123.

Среди сортов, вовлеченных в гибридизацию в качестве материнских форм, выделяются М № 126-83-123 и Ассоль, обеспечивающие получение максимального количества сеянцев на 1 комбинацию скрещивания, 150 и 123 шт. соответственно.

В таблице 2 представлен анализ скрещиваемости Крымских аборигенных сортов в качестве материнских форм. Установлено, что наибольшее количество семян в среднем получено при скрещивании с сортами Кефесия (789,5 шт.), а наименьшее – с сортом Херсонесский (215 шт.). Варьирование данного показателя по сортам очень большое ($V=58,88\%$).

В среднем по комплексу процент выполненных семян составил 94,2 % ($V=37,18\%$), всхожесть семян – 29,0 % ($V=26,57\%$), а сильнорослые сеянцы – 8,5 % ($V=26,59\%$). По этим показателям коэффициент вариации определяется как высокий. Крымские аборигенные сорта в качестве материнских форм обладают достаточно высокой variability по степени образования сильного потомства винограда. При этом наибольшая всхожесть семян отмечена у сорта Херсонесский (37,1 %), а наибольший выход сильнорослых сеянцев зафиксирован у сорта Сары пандас.

В комплексе, где межвидовые гибриды выступают в качестве материнских форм, больше всего семян в среднем получено в комбинации с формой М № 126-83-123 (323,5 шт.), меньше – с сортами Памяти

Таблица 1. Результативность гибридизации, 2021–2022 гг.

Table 1. Hybridization efficiency, 2021-2022

Материнская форма	Число комбинаций скрещивания, шт.	Количество соцветий, шт.	Количество образовавшихся ягод, шт.	Всего семян, шт.	Количество семян на 1 комбинацию, шт.	Завязываемость семян, шт.	Количество растений 1 года жизни, шт.
<i>С участием крымских аборигенных сортов</i>							
Кефесия	5	31	974	1579	315,8	50,9	149
Сары пандас	8	22	514	927	115,9	42,1	291
Херсонесский	6	32	330	430	71,7	13,4	59
Всего:	19	85	1818	2936	167,8	35,5	499
<i>С межвидовыми сортами</i>							
Ассоль	4	7	318	632	158	90,3	123
Памяти Голодриги	2	3	181	370	185	123,3	81
Асма Магарача	2	4	178	370	185	92,5	92
М № 126-83-123	6	12	412	647	107,8	53,9	150
R-73	5	7	630	634	126,8	90,6	85
Всего	19	33	1719	2643	152,8	90,1	531

Таблица 2. Результаты скрещивания материнских форм, 2021–2022 гг.

Table 2. Results of crossing maternal forms, 2021–2022

Материнские формы	Всего семян, шт.			Выполненные семена, %			Всхожесть семян, %			Сильные сеянцы, %		
	2021	2022	среднее	2021	2022	среднее	2021	2022	среднее	2021	2022	среднее
<i>Крымские аборигенные сорта</i>												
Кефесия	847	732	789,5	97,8	95,2	96,5	27,3	16,3	21,8	1,1	12,1	6,6
Сары пандас	308	619	463,5	99,0	89,9	94,5	37,3	18,6	28,0	7,2	14,7	11,0
Херсонесский	191	239	215	91,1	92,1	91,6	56,9	17,3	37,1	1,7	14,1	7,9
М ср.	448,7	530,0	489,3	96,0	92,4	94,2	40,5	17,4	29,0	3,3	13,6	8,5
m	349,89	258,27	288,12	4,26	2,66	2,46	15,06	1,15	7,70	3,36	1,36	2,26
Коэффициент вариации, %	77,98	48,73	58,88	4,44	2,88	2,62	37,18	6,63	26,57	100,8	9,99	26,59
<i>Сложные межвидовые гибриды</i>												
Ассоль	512	120	316	95,7	97,5	96,6	17,4	6,8	12,1	9,7	6,8	8,3
Памяти Голодриги	250	120	185	97,6	97,5	97,5	14,3	6,0	10,2	5,7	5,1	5,4
Асма Магарача	250	120	185	97,2	97,5	97,3	25,5	15,4	20,5	6,6	10,3	8,5
М № 126-83-123	204	443	323,5	87,7	97,7	92,7	62,9	31,2	47,1	19,6	13,2	16,4
R-73	250	384	317,0	98,0	98,0	98,0	13,9	5,6	9,8	8,2	2,1	5,2
М ср.	293,2	237,4	265,3	95,24	97,64	96,42	26,8	13	19,94	9,96	7,5	8,76
m	123,92	162,10	73,36	4,30	0,22	2,14	20,71	10,95	15,79	5,60	4,35	4,54
Коэффициент вариации, %	42,27	68,28	27,65	4,52	0,22	2,22	77,28	84,19	79,18	56,25	58,02	51,88

Таблица 3. Результаты скрещивания отцовских форм, 2021–2022 гг.

Table 3. Results of crossing paternal forms, 2021–2022

Отцовские формы	Всего семян, шт.			Выполненные семена, %			Всхожесть семян, %			Сильные сеянцы, %		
	2021	2022	среднее	2021	2022	среднее	2021	2022	среднее	2021	2022	среднее
<i>Крымские аборигенные сорта</i>												
Красень	86	154	120	93,0	96,7	94,9	27,5	33,1	30,3	12,3	23,5	17,9
Антей магарачский	141	83	112	92,2	93,9	93,1	18,5	16,7	17,6	17,8	6,4	12,1
Каберне Совиньон	193	200	196,5	97,9	96	96,9	37,6	21,2	29,4	11	18,2	14,6
Джеват кара	362	120	241	98,9	97,5	98,2	18,2	17,9	18,1	8	17,9	12,9
М ср.	195,5	139,2	167,4	95,5	96,03	95,8	25,4	22,2	23,85	12,3	16,5	14,38
m	59,64	24,90	31,06	1,69	0,77	1,12	4,59	3,75	3,47	2,05	3,60	1,29
Коэффициент вариации, %	61,02	35,77	37,12	3,55	1,61	2,34	36,1	33,73	29,10	33,4	43,68	17,88
<i>С межвидовыми сортами</i>												
Красень	195	67	131	55,3	94	74,7	29,6	34,9	30,9	24,1	30,0	27,0
Антей магарачский	696	200	448	94,7	97	95,9	24,3	16,4	20,4	22,2	25,3	23,8
Памяти Голодриги	426	320	373	96,7	99	97,9	16,0	32,8	24,4	17,7	23,7	20,7
Ассоль	250	200	225	97,6	97	97,3	14,3	26,5	20,45	13,9	27,8	20,9
М ср.	391,7	196,7	294,2	86,1	96,7	91,4	21,1	27,65	24,04	19,5	26,7	23,1
m	112,7	51,7	71,5	10,3	1,03	5,60	3,59	4,15	2,47	2,29	1,39	1,48
Коэффициент вариации, %	57,6	52,5	48,6	23,9	2,13	12,25	34,1	30,04	20,6	23,5	10,4	12,8

Голодриги (185 шт.) и Асма Магарача (185 шт.). Варьирование данного показателя по сортам большое (27,65 %).

Наибольшее количество выполненных семян выявлено у формы R-73 (98 %), меньшее – у формы М № 126-83-123 (92,7 %). Остальные сорта по данному показателю находятся на среднепопуляционном уровне. В среднем по комплексу процент выполненных

семян – 96,4 % (V=2,22 %). Всхожесть семян – 19,94 % (V=79,18 %), сильнорослые сеянцы – 8,76 % (V=51,88 %). По двум последним показателям коэффициент вариации определяется как очень высокий. При этом наибольшая всхожесть сеянцев (16,4 %) отмечена у формы М № 126-83-123.

В таблице 3 представлен анализ скрещивания аборигенных сортов Крыма с отцовскими формами

межвидового происхождения (Красень и Антей магарачский) и представителями *Vitis vinifera*. (Джеват кара и Каберне Совиньон). В среднем по комплексам сформировалось 167,4 гибридных семян. Наибольшее количество сильнорослых сеянцев сформировалось также в комплексах с сортами Красень (17,9 %) и Каберне Совиньон (14,6 %). Процент образования выполненных семян высокий, он варьирует от 93,1 % у Антея магарачского до 98,2 % у Джеват кара. Коэффициент вариации данного признака определяется как средний (17,88 %).

Всхожесть семян составила в среднем 24,9 %. Наибольший показатель отмечен в комбинациях с участием отцовских сортов Красень (30,3 %) и Каберне Совиньон (29,4 %).

В комбинациях скрещивания сортов межвидового происхождения между собой М № 126-83-123 наименьшее количество семян в среднем получено при скрещивании с сортом Красень (131 шт.), наибольшее – в блоке скрещивания сорта Ассоль с сортом Антей магарачский (448 шт.) и формы М № 126-83-123 с сортом Памяти Голодриги (373 шт.). Коэффициент вариации данного признака высокий (48,57 %), что указывает на значительный диапазон его варьирования по отцовским сортам. В среднем по комплексам процент выполненных семян составил 91,4 %. Минимальное значение имел сорт Красень (74,7 %), максимальное – Памяти Голодриги (97,9 %) и Ассоль (97,3 %).

По всхожести семян комбинации с сортами межвидового происхождения существенно не отличались от среднего значения, при этом выделяется сорт Красень – 30,9 %. Коэффициент вариации признака определяется как средний (20,57 %).

Наибольшее количество сильнорослых сеянцев сформировалось в комбинациях с сортами Красень (27,0 %) и Антей магарачский (23,8 %). Коэффициент вариации этого показателя определяется как средний.

Выводы

Выделена материнская форма для проведения дальнейшей селекционной работы (крымский аборигенный сорт Кефесия), обеспечивающая получение максимального количества семян (1579 шт.) и сеянцев в расчете на одну комбинацию скрещивания (315,8 шт.).

Среди сложных межвидовых гибридов, вовлеченных в гибридизацию в качестве материнских форм, выделены М № 126-83-123 и Ассоль, обеспечивающие получение максимального количества сеянцев на 1 комбинацию скрещивания: 150 и 123 шт. соответственно.

В скрещиваниях аборигенного сорта Кефесия с сортами межвидового происхождения в качестве отцовских форм выделяются сорта Красень и представители *Vitis vinifera*. Каберне Совиньон и Джеват кара, обеспечивающие получению большого количества полноценных семян (120, 196,5 и 241 шт.) и образование сильнорослого потомства (17,9, 14,6 и 12,9 % соответственно).

В скрещиваниях сортов межвидового происхождения (Ассоль, Памяти Голодриги, Асма Магарача,

М № 126-83-123) в качестве материнских форм коэффициент вариации образования полноценных семян составляет 48,5 %, превышая данный показатель в скрещиваниях аборигенных сортов в качестве материнских форм (Кефесия, Сары пандас, Херсонесский) – 37,12 %.

Выделенные сорта рекомендуется привлекать в гибридизацию, поскольку они обеспечивают наибольший процент выполненных семян и сильнорослых сеянцев. Внедрение в производство новых сортов винограда позволит ускорить процесс импортозамещения.

Источник финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания № НИОКТР: 121071900108-4.

Financing source

The work was conducted under public assignment No. RDTW: 121071900108-4.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Guo D.-L., Zhang G.-H. A new early-ripening grape cultivar – 'Fengzao'. *Acta Horticulturae*. 2015;1082(1082):153-156. DOI 10.17660/ActaHortic.2015.1082.20.
2. Yamada M., Sato A. Advances in table grape breeding in Japan. *Breeding Science*. 2016;66(1):34-45. DOI 10.1270/jsbbs.66.34.
3. Khafizova A., Michlovský M. Breeding of new resistant grape cultivars in Czech Republic. Conference: CD Proceedings of 38th World Congress of Vine and Wine. 2015:1.
4. Slegers A., Angers P., Ouellet É., Truchon T., Pedneault K. Volatile compounds from grape skin, juice and wine from five interspecific hybrid grape cultivars grown in Québec (Canada) for wine production. *Molecules*. 2015;20(6):10980-11016. DOI 10.3390/molecules200610980.
5. Dilbó M.A., Souza A.L.K. Rootstock breeding for resistance to grapevine decline and dieback in Southern Brazil. *Acta Horticulturae*. 2019;1248:123-128. DOI 10.17660/AHortic.2019.1248.18.
6. Лиховской В.В., Зармаев А.А., Волюнкин В.А., Полулях А.А., Зленко В.А., Васылык И.А. Экспериментальная эволюция в геноме *Vitaceae Juss* от эндогенных форм до межродовых гибридов // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2018;20(3):22-24.
7. Михловски М., Хафизова А. Современные подходы и направления селекции винограда на устойчивость в Чешской Республике // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2015;3:31-35.
8. Жученко А.А. Устойчивость растений к патогенам в системе их общей и специфической адаптивности // Генетика иммунитета и селекция сельскохозяйственных растений на устойчивость в Молдавии. 1984:20-33.
9. Ильницкая Е.Т., Наумова Л.Г., Ганич В.А., Токмаков С.В., Макаркина М.В. Генетический полиморфизм редких и малораспространенных аборигенных донских генотипов *Vitis vinifera L.* // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2019;21(3):191-197. DOI 10.35547/IM.2019.21.3.002.
10. Volynkin V., Polulyakh A., Levchenko S., Vasylyk I. Genome evolution and genetic diversity of grapes. *Acta Horticulturae*. 2020;1297:407-412. DOI 10.17660/ActaHortic.2020.1297.54.

11. Полулях А.А., Волынкин В.А. Уточнение классификации местных сортов винограда Крыма // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2023;25(2):122-126. DOI 10.34919/IM.2023.25.2.003.
12. Горлов С.М., Тягушева А.А., Яцушко Е.С., Карпенко Е.Н. Современные технологии хранения винограда // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020;159:319-333. DOI 10.21515/1990-4665-159-022.
13. Лиховской В.В., Студенникова Н.Л., Котоловец З.В., Рыбаченко Н.Л., Васылык И.А. Жемчужный Магарача – новый столовый сорт винограда селекции Института «Магарач» // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2023;25(2):110-115. DOI 10.34919/IM.2023.25.2.001.
14. Валуйко Г.Г., Шольц Е.П., Трошин Л.П. Методические рекомендации по технологической оценке сортов винограда для виноделия. Ялта: ВНИИВВ. 1983:1-72.
15. Лиховской В.В., Зармаев А.А., Полулях А.А., Волынкин В.А., Гориславец С.М., Рисованная В.И., Борисенко М.Н., Сапсай А.О. Ампелогография аборигенных и местных сортов Крыма. Симферополь: ООО «Форма». 2018:1-140.
16. Полулях А.А., Волынкин В.А., Лиховской В.В. Продуктивность местных сортов винограда Крыма // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2022;24(3):227-234. DOI 10.35547/IM.2022.92.13.005.
17. Лиховской В.В., Волынкин В.А., Борисенко М.Н., Олейников Н.П., Васылык И.А., Трошин Л.П. Агробиологическая специфичность селекционных форм – аналогов местных сортов винограда Крыма // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2016;2:3-5.
18. Bavaresco L. Impact of grapevine breeding for disease resistance on the global wine industry. *Acta Horticulturae*. 2019;1248:7-14. DOI 10.17660/Acta Hort.2019.1248.2.
19. Макаров А.С., Лутков И.П., Шмигельская Н.А., Максимовская В.А., Сивочуб Г.В. Автохтонные сорта винограда: актуальность и перспективы использования в виноделии // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2022;24(4):349-360. DOI 10.34919/IM.2022.64.77.008.
20. Лиховской В.В., Алейникова Н.В. Основные результаты научных исследований ФГБУН «ВНИИВВ «Магарач» РАН» 2022 года в области виноградарства // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2023;81(3):101-119. DOI 10.30679/2219-5335-2023-3-81-101-11.
21. Клименко В.П. Скрещиваемость сортов и гибридов винограда // Виноделие и виноградарство. 2003;3:32-33.
22. Волынкин В.А. Эффективность гибридизации у винограда // Виноград и вино России. 2000;1:11-13.
23. Лиховской В.В., Волынкин В.А., Олейников Н.П., Васылык И.А., Трошин Л.П. Скрещиваемость Крымских аборигенных сортов винограда с формами различного происхождения // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015;114:1090-1105.
24. Методические указания по селекции винограда / Под ред. Погосяна С.А. Ереван: Айастан. 1974:1-225.
25. Петров В.С., Алейникова Г.Ю., Марморштейн А.А. Методы исследований в виноградарстве. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ. 2021:1-147.
26. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс. 2014:1-352.
2. Yamada M., Sato A. Advances in table grape breeding in Japan. *Breeding Science*. 2016;66(1):34-45. DOI 10.1270/jsbbs.66.34.
3. Khafizova A., Michlovský M. Breeding of new resistant grape cultivars in Czech Republic. Conference: CD Proceedings of 38th World Congress of Vine and Wine. 2015:1.
4. Slegers A., Angers P., Ouellet É., Truchon T., Pedneault K. Volatile compounds from grape skin, juice and wine from five interspecific hybrid grape cultivars grown in Québec (Canada) for wine production. *Molecules*. 2015;20(6):10980-11016. DOI 10.3390/molecules200610980.
5. Dilbó M.A., Souza A.L.K. Rootstock breeding for resistance to grapevine decline and dieback in Southern Brazil. *Acta Horticulturae*. 2019;1248:123-128. DOI 10.17660/AHortic.2019.1248.18.
6. Likhovskoi V.V., Zarmaev A.A., Volynkin V.A., Polulyakh A.A., Zlenko V.A., Vasylyk I.A. Experimental evolution in the *Vitaceae Juss* genome from endogenous forms to intergeneric hybrids. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2018;3(105):22-24 (in Russian).
7. Michlovski M., Khafizova A. Modern approaches to grape breeding for resistance and directions of these activities in the Czech Republic. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2015;3:31-33 (in Russian).
8. Zhuchenko A.A. Plant resistance to pathogens in the system of their general and specific adativity. *Genetics of immunity and breeding of agricultural plants for resistance in Moldova*. 1984:20-33 (in Russian).
9. Ilnitskaya E.T., Naumova L.G., Ganich V.A., Tokmakov S.V., Makarkina M.V. Genetic polymorphism of rare and less common autochthonous Don grapevine varieties *Vitis vinifera L.* *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2019;21(3):191-197. DOI 10.35547/IM.2019.21.3.002 (in Russian).
10. Volynkin V., Polulyakh A., Levchenko S., Vasylyk I. Genome evolution and genetic diversity of grapes. *Acta Horticulturae*. 2020;1297:407-412. DOI 10.17660/ActaHortic.2020.1297.54.
11. Polulyakh A.A., Volynkin V.A. Elaboration of classification of Crimean local grape varieties. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2023;25(2):122-126. DOI 10.34919/IM.2023.25.2.003 (in Russian).
12. Gorlov S.M., Tiagusheva A.A., Yatsushko E.S., Karpenko E.N. Modern technologies of grape storage. *Polythematic Online Scientific Journal of KubSAU*. 2020;159:319-333. DOI 10.21515/1990-4665-159-022 (in Russian).
13. Likhovskoi V.V., Studennikova N.L., Kotolovets Z.V., Rybachenko N.A., Vasylyk I.A. 'Zhemchuzhnyi Magaracha' – a new table grape variety bred in the Institute Magarach. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2023;25(2):110-115. DOI 10.34919/IM.2023.25.2.001 (in Russian).
14. Valouiko G.G., Scholtz E.P., Troshin L.P. Methodological recommendations for the technological assessment of grape varieties for winemaking. Yalta: ASRIV&W. 1983:1-72 (in Russian).
15. Likhovskoi V.V., Zarmaev A.A., Polulyakh A.A., Volynkin V.A., Gorislavets S.M., Risovannaya V.I., Borisenko M.N., Sapsai A.O. Ampelography of aboriginal and local varieties of Crimea. Simferopol: ООО Форма. 2018:1-140 (in Russian).
16. Polulyakh A.A., Volynkin V.A., Likhovskoi V.V. Productivity of local grapevine cultivars of Crimea. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2022;24(3):227-234. DOI 10.35547/IM.2022.92.13.005 (in Russian).
17. Likhovskoi V.V., Volynkin V.A., Borisenko M.N., Oleinikov N.P., Vasylyk I.A., Troshin L.P. Agrobiological specificity of hybrid forms-analogues of native Crimean grapevine varieties. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2016;2:3-5 (in Russian).

References

1. Guo D.-L., Zhang G.-H. A new early-ripening grape cultivar – 'Fengzao'. *Acta Horticulturae*. 2015;1082(1082):153-156. DOI 10.17660/ActaHortic.2015.1082.20.

18. Bavaresco L. Impact of grapevine breeding for disease resistance on the global wine industry. *Acta Horticulturae*. 2019;1248:7-14. DOI 10.17660/Acta Hort.2019.1248.2.
19. Makarov A.S., Lutkov I.P., Shmigelskaia N.A., Maksimovskaia V.A., Sivochoub G.V. Autochthonous grapevine varieties: relevance and prospects of use in winemaking. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2022;24(4):349-360. DOI 10.34919/IM.2022.64.77.008 (in Russian).
20. Likhovskoi V.V., Aleynikova N.V. Main results of scientific research of the FSBSI institute "Magarach" of the RAS in 2022 in the field of viticulture. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2023;81(3):101-119. DOI 10.30679/2219-5335-2023-3-81-101-11 (in Russian).
21. Klimenko V.P. The interbreeding of varieties and hybrids of grapes. *Winemaking and Viticulture*. 2003;3:32-33. (in Russian).
22. Volynkin V.A. Efficiency of hybridization in grapes. *Grapes and Wine of Russia*. 2000;1:11-13 (in Russian).
23. Likhovskoi V.V., Volinkin V.A., Oleinikov N.P., Vasylyk I.A., Troshin L.P. Crossability of Crimean indigenous grape varieties with forms of various origin. *Polythematic Online Scientific Journal of KubSAU*. 2015;114:1090-1105 (in Russian).
24. Guidelines for grape breeding. Edited by Pogosyan S.A. Yerevan: Hayastan. 1974:1-225 (in Russian).
25. Petrov V.S., Aleynikova G. Yu., Marmorstein A.A. Research methods in viticulture. Krasnodar: FSBSI NCFSCSHVW. 2021:1-147 (in Russian).
26. Dospekhov B.A. Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results. M.: Alliance. 2014:1-352 (in Russian).

Информация об авторах

Владимир Владимирович Лиховской, д-р с.-х. наук, доц., директор института; e-мэйл: director@magarach-institut.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3879-0485>;

Наталья Леонидовна Студенникова, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр., зав. лабораторией генеративной и клоновой селекции; e-мэйл: studennikova63@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6304-4321>;

Зинаида Викторовна Котоловец, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. лаборатории генеративной и клоновой селекции; e-мэйл: zinaida_kv@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5889-9416>;

Наталья Анатольевна Рыбаченко, науч. сотр. лаборатории генеративной и клоновой селекции; e-мэйл: natalia.natikro@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5976-3756>;

Мария Анатольевна Андросова, ведущий инженер лаборатории генеративной и клоновой селекции; e-мэйл: mariyamagarach@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0009-8878-4850>;

Владимир Александрович Гончаренко, руководитель отдела агротехники и питомниководства декоративных и субтропических культур, науч. сотр. лаборатории питомниководства декоративных и субтропических культур; e-мэйл: vg_krim@mail.ru.

Information about authors

Vladimir V. Likhovskoi, Dr. Agric. Sci., Assistant Professor, Director; e-mail: director@magarach-institut.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3879-0485>;

Natalia L. Studennikova, Cand. Agric. Sci., Leading Staff Scientist, Head of the Laboratory of Generative and Clonal Selection; e-mail: studennikova63@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6304-4321>;

Zinaida V. Kotolovets, Cand. Agric. Sci., Senior Staff Scientist, Laboratory of Generative and Clonal Selection; e-mail: zinaida_kv@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5889-9416>;

Natalia A. Rybachenko, Staff Scientist, Laboratory of Generative and Clonal Selection; e-mail: natalia.natikro@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5976-3756>;

Maria A. Androsova, Leading Engineer, Laboratory of Generative and Clonal Selection; e-mail: mariyamagarach@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0009-8878-4850>;

Vladimir A. Goncharenko, Head of the Department of Agrotechnology and Nursery Growing of Ornamental and Subtropical Crops, Staff Scientist, Laboratory of Nursery Growing of Ornamental and Subtropical Crops; e-mail: vg_krim@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 28.08.2024, одобрена после рецензии 19.11.2024, принята к публикации 20.11.2024.

Тестирование генотипов *Linum usitatissimum* L. по адаптивности и стабильности в условиях Северного Зауралья

Королёв К.П.[✉], Якубенко А.Н., Якубенко Э.Н.

Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Тюменская область, Россия

[✉]corolev.konstantin2016@yandex.ru

Аннотация. При подборе сортов, создании нового исходного материала для селекции наряду с хозяйственно ценными признаками и свойствами необходимо учитывать адаптивность и стабильность генотипов. Цель исследования – выявить фенотипическую изменчивость хозяйственно ценных признаков растений льна в различных условиях среды и определить генотипы, характеризующиеся адаптивностью к изменению климатических условий. В качестве объекта исследования использовали 12 гибридных популяций льна (G1–G12). Полевое изучение проводили на Биологической станции Тюменского государственного университета «Озеро Кучак» (Нижнетавдинский р-н, Тюменская обл.). Согласно дисперсионному анализу (ANOVA) выявлены достоверные различия ($p < 0,05$; $p < 0,01$) между гибридными комбинациями льна по шести тест-признакам. Установлен вклад генотипа (19,9–40,0 %), среды (16,9–47,3 %) и их взаимодействия (17,7–48,5 %) в общую фенотипическую изменчивость показателей. Выделены группы высоко ($b_i < 1$, $S^2_{di} = 0$; G1, G2, G3, G5, G7, G9, G12) и слабо отзывчивых ($b_i > 1$, $S^2_{di} = 0$; G1, G2, G3, G5, G6, G7, G8, G9, G11), стабильных ($b_i = 1,0$, $S^2_{di} = 0$; G2, G4, G6, G11, G12) генотипов (по S.A. Eberhart, W.A. Russel). С использованием ASV выявлены стабильные ($ASV = > 0 < 1$; G1, G2, G3, G5, G6, G7, G8, G9, G11) комбинации, высокоустойчивые ($SI = 61,0–80,0$ %; G1, G2, G3, G4, G6, G7, G8, G9, G11, G12). С помощью индекса отбора генотипа определены наиболее стабильные из них ($GSI = > 0$, G1, G2, G3, G4, G5, G7, G8, G12), по геометрическому индексу адаптивности (GAI) – G1, G2, G3, G4, G5, G7, G8, G12. По критерию сумма рангов RS к группе стабильных по высоте растений и размеру коробочки отнесен 41,6 %, числу коробочек и числу семян в 1 коробочке – 33,3 %, длине соцветия и растрескиваемости – 25,0 %. Перспективными генотипами, которые обладали свойствами стабильности и наибольшим уровнем признака, были G1, G2, G3, G5, G6, G7, G11.

Ключевые слова: лен масличный; гибриды; факторы среды; ANOVA; адаптивность; стабильность; индекс.

Для цитирования: Королёв К.П., Якубенко А.Н., Якубенко Э.Н. Тестирование генотипов *Linum usitatissimum* L. по адаптивности и стабильности в условиях Северного Зауралья // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):329-335. EDN BIBJWL.

ORIGINAL RESEARCH

Testing of *Linum usitatissimum* L. genotypes for adaptability and stability in the conditions of Northern Trans-Urals

Korolev K.P.[✉], Yakubenko A.N., Yakubenko E.N.

State University of Tyumen, Tyumen, Tyumen region, Russia

[✉]corolev.konstantin2016@yandex.ru

Abstract. When selecting varieties and creating new source material for breeding, it is necessary to take into account not only economically valuable traits and properties, but also the adaptability and stability of genotypes. The goal of the study was to identify phenotypic variability of economically valuable traits of flax plants in various environmental conditions, and to determine genotypes characterized by adaptability to changing climatic conditions. The object of the study was 12 hybrid populations of oil flax (G1–G12). The field study was conducted at the Biological Station of Tyumen State University “Lake Kuchak” (Nizhnetavdinsky District, Tyumen Region). According to the analysis of variance (ANOVA), reliable differences ($p < 0,05$; $p < 0,01$) were revealed between hybrid combinations of oil flax for six test traits. The contribution of genotype (19.9–40.0%), environment (16.9–47.3%) and their interaction (17.7–48.5%) to the overall phenotypic variability of the parameters was established. Groups of highly ($b_i < 1$, $S^2_{di} = 0$; G1, G2, G3, G5, G7, G9, G12) and weakly responsive ($b_i > 1$, $S^2_{di} = 0$; G1, G2, G3, G5, G6, G7, G8, G9, G11), stable ($b_i = 1,0$, $S^2_{di} = 0$; G2, G4, G6, G11, G12) genotypes (according to S.A. Eberhart, W.A. Russel) were identified. Using ASV, stable ($ASV = > 0 < 1$; G1, G2, G3, G5, G6, G7, G8, G9, G11), highly resistant ($SI = 61,0–80,0$ %; G1, G2, G3, G4, G6, G7, G8, G9, G11, G12) combinations were identified. Using the genotype selection index, the most stable of them were determined ($GSI = > 0$, G1, G2, G3, G4, G5, G7, G8, G12), in accordance with the geometric adaptability index (GAI) – G1, G2, G3, G4, G5, G7, G8, G12. According to the RS rank sum criterion, 41.6% were assigned to the group of plants stable in height and boll size, 33.3% - in the number of bolls and seeds per 1 boll, 25.0% - in the length of inflorescence and cracking ability. The promising genotypes that had the properties of stability and the highest level of the trait were G1, G2, G3, G5, G6, G7 and G11.

Key words: oil flax; hybrids; environmental factors; ANOVA; adaptability; stability; index.

For citation: Korolev K.P., Yakubenko A.N., Yakubenko E.N. Testing of *Linum usitatissimum* L. genotypes for adaptability and stability in the conditions of Northern Trans-Urals. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):329-335. EDN BIBJWL (in Russian).

Введение

Лён масличный – ценное сельскохозяйственное растение, которое используется в пищевых, технических, фармацевтических целях. Питательную значимость обуславливает наличие в его семенах 30–45 % масла, 28,0 % углеводов, 21,0 % белка, 7,4 % воды и

до 3,4 % других минеральных компонентов. В общей структуре производства льна масличного в мире ведущими странами являются Канада (43,8 %), Китай (15,0 %), США (8,89 %), Индия (7,9 %), Эфиопия (7,1 %) [1–3].

Для формирования высокой продуктивности агрофитоценозов льна необходимо выращивать сорта, характеризующиеся не только хозяйственно ценными признаками, но и показателями адаптивности и

стабильности [4–7], при этом целесообразно учитывать сложный характер взаимодействия генотипа и среды, используя при его скрининге разнообразный статистический инструментарий. Важно выявить сорта, сочетающие в себе как высокие свойства стабильности, так и урожайности, показатели качества продукции в различных средовых условиях.

Для анализа генотипов по адаптивности и стабильности применяют ряд методов (параметрические и непараметрические) [8–10], позволяющих получить комплексную информацию о признаках и сформировать в дальнейшем «идеотип» сорта [11, 12].

В связи с контрастностью климатических условий в последние годы, а также разнообразием почвенных ресурсов Тюменской области необходим поиск генотипов, имеющих высокий морфо-биологический потенциал и стабильность его реализации при неоднородных условиях выращивания. Отсутствие полноценной информации о взаимодействии генотипа и среды у новых гибридных популяций льна по селекционно ценным признакам и свойствам послужило основой для проведения данной работы.

Цель исследования – выявить фенотипическую изменчивость хозяйственно ценных признаков растений льна в различных условиях среды и определить генотипы, характеризующиеся адаптивностью к изменению климатических условий.

Объекты и методы исследования

В качестве материала исследования использованы гибридные популяции льна масличного (F1–F4): ♀ Северный × ♂ Antares (G1), ♀ Северный × ♂ Бирюза (G2), ♀ Северный × ♂ Нилин (G3), ♀ Antares × ♂ Северный (G4), ♀ Antares × ♂ Бирюза (G5), ♀ Antares × ♂ Нилин (G6), ♀ Бирюза × ♂ Северный (G7), ♀ Бирюза × ♂ Antares (G8), ♀ Бирюза × ♂ Нилин (G9), ♀ Нилин × ♂ Северный (G10), ♀ Нилин × ♂ Бирюза (G11), ♀ Нилин × ♂ Antares (G12).

Полевые опыты проводили в 2018–2022 гг. на Биологической станции Тюменского государственного университета «Озеро Кучак» (Нижнетавдинский р-н, Тюменская обл., 57°21' с. ш., 66°04' в. д.). Гибридизацию выполняли по методике Рогаша А.Г. и Дунаевой Г.В. [13]. Почва – дерново-подзолистая, супесчаная, содержание гумуса – 3,6 %, P₂O₅ – 433,3 мг/кг почвы, K₂O – 234,0 мг/кг почвы. Закладку полевых опытов, все необходимые учеты и наблюдения осуществляли в соответствии с Методическими указаниями [14].

Климатические условия в годы исследований различались по температуре и количеству выпавших осадков при сравнении со среднепогодными показателями (нормой). По гидротермическому коэффициенту Селянинова,

вегетационные периоды были от слабо засушливых (ГТК=1,2) до влажных (ГТК=1,6). Статистическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа (ANOVA) по Доспехову Б.А. [15] с использованием программы Statistica 6.0 (Statsoft Inc., США). Ранжирование образцов – по показателю RS [16]. Достоверность различий устанавливали на основании t-критерия Стьюдента. Определяли S²d_i и b_i генотипов по методу Eberhart S.A., Russel W.A. [17], а также индексы: стабильности ASV [18], отбора генотипа (GSI) [19], устойчивости (SI) [20–22], адаптивности (GAI) [23, 24].

Результаты и их обсуждение

С использованием многофакторного дисперсионного анализа доказаны достоверные различия (p<0,05, p<0,01) между генотипами (фактор А), средами (фактор В) и их взаимодействием (А × В) по фенотипическим критериям (табл. 1).

Высокая значимость основных источников вариации предполагает возможность отбора наиболее экологически устойчивых генотипов. В связи с тем, что достоверность влияния фактора взаимодействия генотипа и среды (А × В) была доказана, можем проводить оценку представленных комбинаций по стабильности [25, 26].

Вклад генотипа в общей структуре вариабельности признаков составил 19,9–40,0 %, средовых условий – 16,9–47,3 %, фактора взаимодействия генотипа и среды – 17,7–48,5 %, случайный фактор был незначительным и составил 2,0–8,2 %. Формирование высоты растений, числа коробочек на 1 растении зависело от среды на 45,8–47,3 %, длина соцветия, число семян в 1 коробочке, ее растрескиваемость – от взаимодействия генотипа и среды на 42,2–48,5 %, генотипические особенности обуславливали размер коробочки на 40,0 % (рис. 1).

Для более комплексной оценки гибридных комбинаций льна масличного с учетом экологических критериев, полученную информацию по изученным генотипам анализировали с использованием различных методических подходов (табл. 2). По Eberhart S.A., Russel W.A. [17] выделены несколько

Таблица 1. Результаты многофакторного дисперсионного анализа гибридных комбинаций льна масличного по изученным признакам, 2019–2022 гг.

Table 1. Results of multivariate analysis of variance of hybrid combinations of oil flax according to the studied characteristics, 2019–2022

Источник вариации	Число степеней свободы (df)	Средний квадрат (mS)					
		высота растений	длина соцветия	число коробочек	число семян в 1 коробочке	размер коробочки	растрескиваемость коробочки
Фактор А (генотип)	11	65,15*	33,18**	12,58*	43,18*	33,26**	25,41*
Фактор В (среда)	3	125,13**	89,43**	45,32**	155,18**	66,28**	34,21**
Фактор взаимодействия генотипа и среды (А × В)	11	89,77**	138,19**	56,22**	77,25**	33,15*	56,33**
Случайное (В)	15	24,22	16,04	10,08	13,89	9,46	12,03

Примечание: * – различия между генотипами достоверны при p<0,05; ** – p<0,01

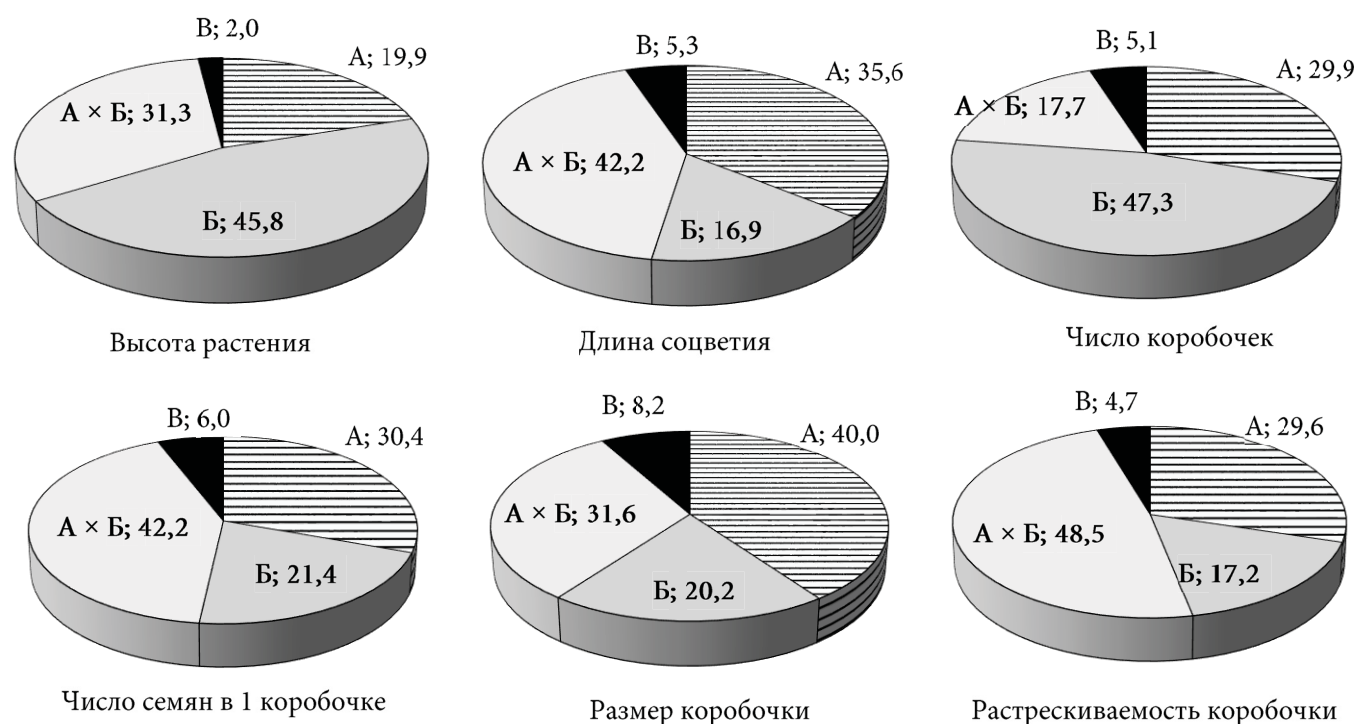


Рис. 1. Вклад различных факторов (А - генотип; В - среда; А × В - взаимодействие генотипа и среды; В - случайное) в формирование показателей у гибридных растений льна масличного, F1-F4

Fig. 1. Contribution of various factors (A - genotype; B - environment; A × B - interaction of genotype and environment; C - random) to the formation of indicators in hybrid oil flax plants, F1-F4

Таблица 2. Оценка гибридных комбинаций льна масличного по адаптивности и стабильности признаков с использованием различных методик, F1-F4

Table 2. Evaluation of hybrid combinations of oil flax for adaptability and stability of characteristics using various methods, F1-F4

Группа	Высота растений	Длина соцветия	Число коробочек	Число семян в 1 коробочке	Размер коробочки	Растрескиваемость коробочки
<i>S.A. Eberhart, W.A. Russel</i>						
Отзывчивые $b_1 < 1, S^2 di = 0$	G9	G1, G3, G7	G1, G2, G3, G4, G6, G7, G10 G11	G2	G9	G12, G5
Стабильные $b_1 = 1, 0, S^2 di = 0$	G2	G6, G11	G5, G8, G9	-	G6, G7, G12	G2, G6
Слабоотзывчивые $b_1 > 1, S^2 di = 0$	G1, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9, G10, G11, G12	G2, G3, G4, G5, G8, G9, G10, G12	G12	G1, G3, G4 G5, G6, G7, G8, G9, G10, G11, G12	G1, G2, G3, G4, G5, G8, G10, G11	G1, G3 G4, G7 G8, G9 G10, G11, G12
<i>ASV</i>						
Стабильные ($ASV = > 0 < 1$)	G1, G3, G5	G5, G7, G11	G1, G2	G1, G2, G6, G9	G1, G2, G7	G5, G8, G9
<i>SI</i>						
Устойчивость: очень низкая ($SI = < 20, 0\%$)	-	G1	-	G5	G4, G6 G5	-
низкая ($SI = < 21, 0 - 40, 0\%$)	G1, G3	G4, G5, G6	G1, G2, G10	G3, G4, G6	G7, G9, G11	G5, G7, G12
средняя ($SI = 41, 0 - 60, 0\%$)	G5, G6, G7, G11, G12 G10	G7, G8, G10, G11, G12	G3, G4, G5, G6	G7, G8, G10, G12	G1, G2, G3, G8, G10	G4, G6, G8, G10
высокая ($SI = 61, 0 - 80, 0\%$)	G2, G4, G8, G9, G11	G9	G7, G8, G10, G11, G12	G9, G11	G12	G9, G11, G12
очень высокая ($SI = > 80, 0\%$)	-	G3	G9	G1, G2	-	G1
<i>GAI</i>						
Стабильные	G1, G3, G5, G12	G1, G7, G9	G2, G5, G10, G11	G1, G3, G5, G12	G9, G11	G1, G5
<i>GSI</i>						
Стабильные ($GSI = > 0$)	G1, G5, G7	G2, G8	G3, G5, G8, G12	G1, G7, G8	G1, G5	G1, G4, G5, G7

Примечание: Генотипы: ♀ Северный × ♂ Antares (G1), ♀ Северный × ♂ Бирюза (G2), ♀ Северный × ♂ Нилин (G3), ♀ Antares × ♂ Северный (G4), ♀ Antares × ♂ Бирюза (G5), ♀ Antares × ♂ Нилин (G6), ♀ Бирюза × ♂ Северный (G7), ♀ Бирюза × ♂ Antares (G8), ♀ Бирюза × ♂ Нилин (G9), ♀ Нилин × ♂ Северный (G10), ♀ Нилин × ♂ Бирюза (G11), ♀ Нилин × ♂ Antares (G12)

групп гибридных популяций по отзывчивости на изменения условий выращивания. К отзывчивым (группа 1, $b_i < 1$, $S^2 d_i = 0$) по высоте растений и числу семян в 1 коробочке отнесено 8,3 % комбинаций, при максимуме 66,6 % по числу семян в 1 коробочке. Сочетанием нескольких адаптивных признаков характеризовались 58,3 % комбинаций. Стабильность параметров (группа 2, $b_i = 1,0$, $S^2 d_i = 0$) отмечена у 8,3 % генотипов по высоте растений, 16,6 % – по длине соцветия, растрескиваемости коробочки, 25,0 % – по числу коробочек на 1 растении, числу семян в коробочке, размеру коробочки. К слабоотзывчивым (группа 3, $b_i > 1$, $S^2 d_i = 0$) были отнесены 83,3 % комбинаций по высоте растений, 58,3 % – по длине соцветия, 75,0 % – по размеру коробочки, 83,3 % – по растрескиваемости коробочки, 8,3 % – по числу коробочек на 1 растении.

К высокорослым ($73,3 \pm 1,45$ – $76,4 \pm 2,14$ см) и слабоотзывчивым ($b_i > 1$, $S^2 d_i = 0$) генотипам были отнесены G11, G12; по длине соцветия ($9,5 \pm 0,45$ – $11,3 \pm 0,18$ см) – G8, G9; по формированию большего количества коробочек на 1 растении ($8,4 \pm 0,44$ – $11,5 \pm 0,19$ шт.) – G2, G3, G9; числу семян в 1 коробочке ($8,4 \pm 0,14$ – $10,0 \pm 0,23$ шт.) – G5, G6; размеру коробочки – G1, G5 и ее меньшей растрескиваемости – G1, G7.

Для оценки стабильности показателей у растений был предложен оценочный критерий ASV [18]. Согласно нашим расчетам, выявлены различия между изученными комбинациями по данному показателю. Наиболее стабильными ($ASV = > 0 < 1$) по высоте растений характеризовались 25,0 % гибридных популяций, длине соцветия – 25,0 %, числу семян в 1 коробочке – 25,0 %, размеру коробочки – 33,3 %, растрескиваемости и числу коробочек на 1 растении – 25,0 %. Отмечены комбинации, сочетающие в одном генотипе стабильность и высоту растений (G3), длину соцветия (G5, G7), размер коробочки (G2), число семян в 1 коробочке (G2), слабую растрескиваемость коробочки (G1).

Индекс отбора генотипа (GSI) используется для идентификации форм, сочетающих максимальное значение тестируемого признака с его стабильностью [19]. Более ценными считаются генотипы с наименьшим значением GSI. В нашем случае таких генотипов было незначительное количество. При этом лишь по признаку число семян в 1 коробочке и число коробочек на 1 растении выявлено 33,3 % таких генотипов, остальные 66,6 % оказались нестабильными. Отмечены комбинации с наибольшей длиной соцветия (G8), размером коробочки

(G1) и их стабильностью.

К экологическому показателю диагностики растений также относят индекс устойчивости (SI) [20–22]. В среднем данный критерий был на уровне от 13,6 до 85,7 %. Установлено, что у 9 гибридных комбинаций была выявлена высокая и очень высокая устойчивость. К генотипам, сочетающим стабильность и высоту растений, отнесены G2, длину соцветия – G3, размер коробочки – G9, число семян в 1 коробочке – G8, число коробочек на 1 растении – G9.

С целью выявления адаптивных генотипов был предложен геометрический индекс адаптивности (GAI) [19], согласно которому лучшие из них будут характеризоваться максимальным его значением. К перспективным гибридным комбинациям льна масличного были определены G3, G5 (высота растений), G1 (длина соцветия), G2, G5 (число семян в 1 коробочке), G1 (размер коробочки), G1 (число коробочек на 1 растении), G1, G5 (растрескиваемость коробочки).

Из непараметрических показателей стабильности рассчитывали индекс (I) [23–24], включающий производительность генотипа по признаку, среднее значение популяции и дисперсию стабильности. По высоте растений были отобраны G1, G2; по длине соцветия – G5, G7; по числу семян в 1 коробочке – G1, G2; по размеру коробочки – G2, G4; по числу коробочек на 1 растении – G2, G5; меньшей растрескиваемости коробочки – G1, G2.

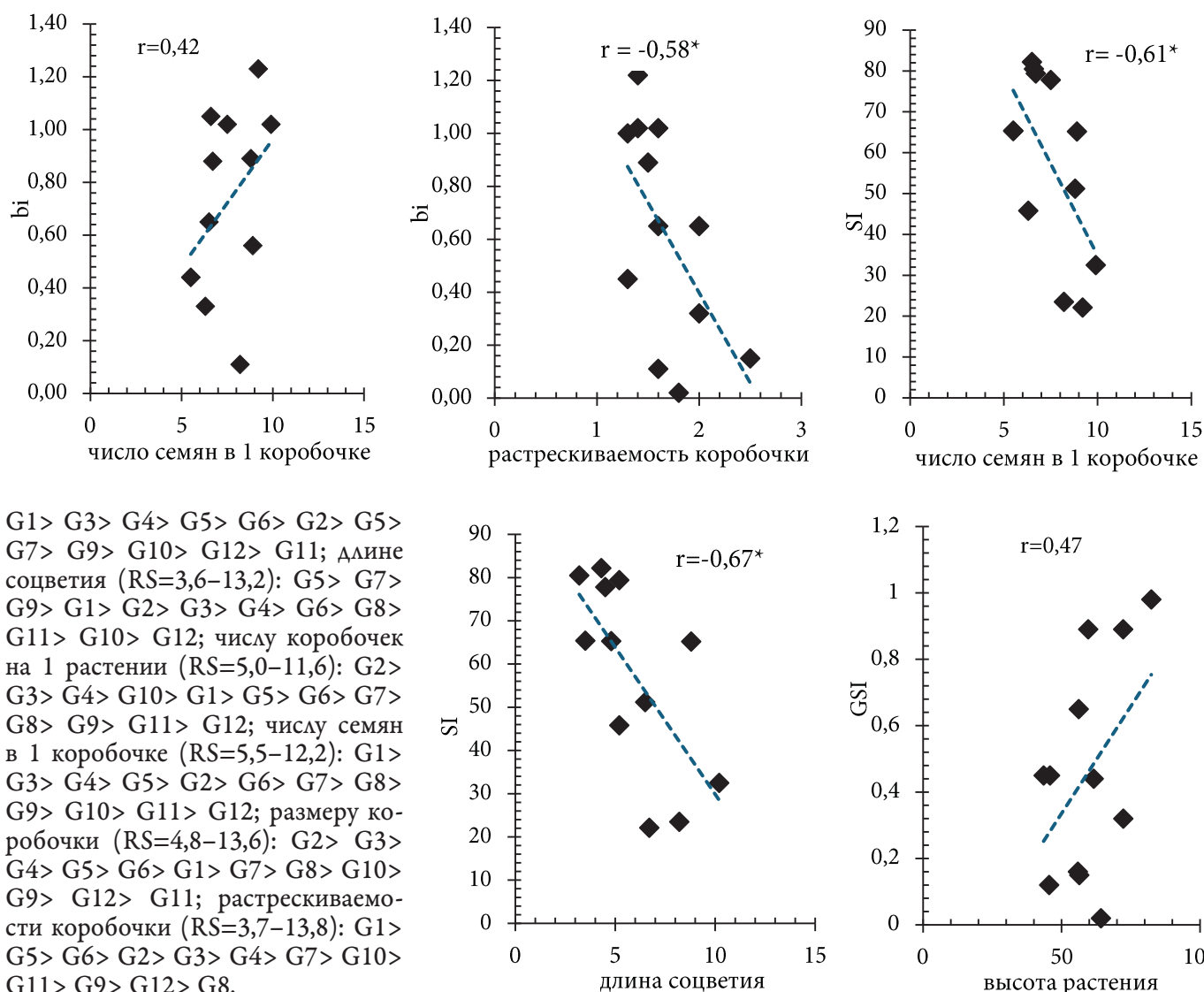
В дальнейшем на основании расчета индекса стабильности (I) генотипы были распределены по критерию сумма рангов RS. Исходя из методики, каждой гибридной комбинации присваивали ранг в порядке возрастания с учетом того, что у наиболее стабильных генотипов индекс был меньше и они имели ранг № 1. Таким образом, по высоте растений ($RS = 5,5 - 12,2$) их очередность была следующей:

Таблица 3. Распределение генотипов льна масличного согласно ранговой сумме Канга (RS) с учетом индекса стабильности, F1–F4

Table 3. Distribution of oil flax genotypes according to Kang's rank sum (RS), considering the stability index, F1–F4

Признаки	Стабильные	Нестабильные
Высота растений, см	n=5; G1, G3, G4, G5, G6	n=7; G2, G7, G8, G9, G10, G11, G12
Длина соцветия, см	n=3; G5, G7, G9	n=9; G1, G2, G3, G4, G6, G8, G10, G12
Число семян в 1 коробочке, шт.	n=4; G1, G3, G4, G5	n=8; G2, G6, G7, G8, G9, G10, G11, G12
Размер коробочки, мм	n=5; G2, G3, G4, G5, G6	n=7; G1, G7, G8, G9, G10, G11, G12
Число коробочек на 1 растении, шт.	n=4; G2, G3, G4, G10	n=8; G1, G5, G6, G7, G8, G9, G11, G12
Растрескиваемость коробочки, мм	n=3; G1, G5, G6	n=9; G2, G3, G4, G7, G8, G9, G10, G11; G12

Примечание: Генотипы: ♀ Северный × ♂ Antares (G1), ♀ Северный × ♂ Бирюза (G2), ♀ Северный × ♂ Нилин (G3), ♀ Antares × ♂ Северный (G4), ♀ Antares × ♂ Бирюза (G5), ♀ Antares × ♂ Нилин (G6), ♀ Бирюза × ♂ Северный (G7), ♀ Бирюза × ♂ Antares (G8), ♀ Бирюза × ♂ Нилин (G9), ♀ Нилин × ♂ Северный (G10), ♀ Нилин × ♂ Бирюза (G11), ♀ Нилин × ♂ Antares (G12)



G1> G3> G4> G5> G6> G2> G5> G7> G9> G10> G12> G11; длине соцветия (RS=3,6–13,2): G5> G7> G9> G1> G2> G3> G4> G6> G8> G11> G10> G12; числу коробочек на 1 растении (RS=5,0–11,6): G2> G3> G4> G10> G1> G5> G6> G7> G8> G9> G11> G12; числу семян в 1 коробочке (RS=5,5–12,2): G1> G3> G4> G5> G2> G6> G7> G8> G9> G10> G11> G12; размеру коробочки (RS=4,8–13,6): G2> G3> G4> G5> G6> G1> G7> G8> G10> G9> G12> G11; растрескиваемости коробочки (RS=3,7–13,8): G1> G5> G6> G2> G3> G4> G7> G10> G11> G9> G12> G8.

На основании результатов ранжирования гибридных комбинаций были выделены две группы по изученным показателям (табл. 3). Следует отметить, что из всего представленного набора стабильностью по одному признаку характеризовались 8,3 %, по трем – 25,0 %, по четырем – 33,3 % генотипов. К перспективным для дальнейшего индивидуального отбора можно отнести комбинации G1, G3, G5 (высота растений); G5, G7 (длина соцветия); G2, G3, G4 (число коробочек на 1 растении); G1, G3 (число семян в 1 коробочке); G2, G4 (размер коробочки); G1, G5, G6, (растрескиваемость коробочки).

Информацию по гибридным комбинациям льна масличного обрабатывали методом корреляционного анализа, результаты которого представлены на рис. 2. Были установлены достоверные и недостоверные связи различной силы и направленности.

Прямой положительной связью слабой и средней силы характеризовались признаки длина соцветия, число семян в 1 коробочке и коэффициент регрессии, варианса стабильности ($r=0,42-0,53$). Растрескиваемость коробочки с данными параметрами была сопряжена обратной силой средней степени ($r=-0,53-$

Рис. 2. Результаты корреляционного анализа гибридных комбинаций льна масличного по некоторым признакам, F1–F4 (* - достоверно $p<0,05$)

Fig. 2. Results of correlation analysis of hybrid combinations of oil flax according to some characteristics, F1–F4 (* - reliable $p<0,05$)

0,58, $p<0,05$). Также была выявлена обратная связь между индексом устойчивости и длиной соцветия, числом семян в 1 коробочке ($r=-0,67-0,61$, $p<0,05$), слабая – высотой растений и индексом отбора генотипа ($r=0,47$), показателями ASV и GSI ($r=0,30$).

Выводы

В результате проведенных исследований были доказаны достоверные различия ($p<0,05$, $p<0,01$) среди гибридных комбинаций льна масличного по изученным признакам. Выявлен максимальный вклад генотипа (40,0 %) в размер коробочки, среды (47,3 %) в число коробочек на 1 растении, взаимодействия факторов генотипа и среды (48,5 %) в растрескиваемость коробочки.

Согласно экологическому тестингу определены группы отзывчивых на изменчивость условий выращивания (6 шт.) и стабильных (5,0 шт.) гибридных комбинации. Расчет критерия (ASV) позволил выделить 7 ценных популяций. По индексу устойчивости (SI) и индексу отбора генотипа (GSI) – 9,0 шт., гео-

метрическому индексу адаптивности (GAI) – 8,0 шт.

На основании полученной информации о гибридных комбинациях льна масличного для дальнейшего отбора наиболее стабильных генотипов можно рекомендовать показатели ASV, I, GAI, S2di не связанные напрямую, либо имеющие слабую корреляционную сопряженность (b_r , GSI) с селекционно-ценными показателями.

По результатам многосторонней оценки гибридных комбинаций к перспективным, сочетающим стабильность с хорошим уровнем проявления морфобиологических признаков, отнесены G1, G2, G3, G5, G6, G7, G11, которые можно использовать в качестве исходного материала для селекции льна масличного в условиях Тюменской области.

Источник финансирования

Не указан.

Financing source

Not specified.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы / References

- Silka G. Genetic resources of flax (*Linum usitatissimum* L.) as very rich sources of α -linolenic acid. *Herba Polonica*. 2017;63(4):26-33. DOI 10.1515/hero-2017-0022.
- Almagro L., Garcia-Perez P., Belchi-Navarro S., Sanchez-Pujante P.J., Pedreno M.A. New strategies for the use of *Linum usitatissimum* cell factories for the production of bioactive compounds. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2016;99:73-78. DOI 10.1016/j.plaphy.2015.12.009.
- You F.M., Jia G., Cloutier S., Booker H.M., Duguid S.D., Rashid K.Y. A method of estimating broad-sense heritability for quantitative traits in the type 2 modified augmented design. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 2016;8(11):257-272. DOI 10.5897/JPBCS2016.0614.
- Shekhara N.R., Anurag A.P., Prakruthi M., Mahesh M.S. Flax seeds (*Linum usitatissimum* L.): nutritional composition and health benefits. *IP Journal of Nutrition Metabolism and Health Science*. 2020;3(2):35-40. DOI 10.18231/j.ijnmhs.2020.008.
- Богдан В.З., Королев К.П., Богдан Т.М. Сравнительная оценка параметров экологической стабильности образцов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) в коллекционном питомнике изучения, различающихся по происхождению // Аграрный вестник Верхневолжья. 2015;4(12):18-21. Bogdan V.Z., Korolev K.P., Bogdan T.M. Comparative assessment of parameters of ecological stability of flax samples (*Linum usitatissimum* L.) in a collection nursery of study, differing in origin. *Agrarian Bulletin of the Upper Volga*. 2015;4(12):18-21 (in Russian).
- Королёв К.П., Боме Н.А. Оценка генотипов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) по экологической адаптивности и стабильности в условиях северо-восточной части Беларуси // Сельскохозяйственная биология. 2017;52(3):615-621. DOI 10.15389/agrobiol.2017.3.615rus. Korolev K.P., Bome N.A. Evaluation of flax (*Linum usitatissimum* L.) genotypes on environmental adaptability and stability in the North-Eastern Belarus. *Agricultural Biology*. 2017;52(3):615-621. DOI 10.15389/agrobiol.2017.3.615rus (in Russian).
- Singh A., Rai P.K., Kumar A., Marker S., Yadav P.K. Study on variability, heritability and correlation coefficient among linseed (*Linum usitatissimum* L.) genotypes. *Pelagia Research Library. Advances in Applied Science Research*. 2015;6(10):14-17.
- Banjare A.K., Marker S., Verma R.K., Tiwari A. Genetic variability analysis for plant selection in linseed (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2019;8:555-558.
- Kumar A., Sharma N.K., Kumar R., Chandel D., Yadav M.K. Genetic divergence studies in mungbean germplasm under arid environment. *The Pharma Innovation Journal*. 2022;11(2):2415-2417.
- Ruswandi D., Azizah E., Maulana H., Ariyanti M., Nuraini A., Indriani N.P., Yuwariah Y. Selection of high-yield maize hybrid under different cropping systems based on stability and adaptability parameters. *Open Agriculture*. 2022;7(1):161-170. DOI 10.1515/opag-2022-0073.
- Renu S., Adriaan W., Kumar R., Richard G.F.V. Genetic variation and correlation studies between micronutrient (Fe and Zn), protein content and yield attributing traits in mungbean (*Vigna radiata* L.). *Legume Research*. 2016;41(2):167-174. DOI 10.18805/lr.v0i0.7843.
- Yan W. Analysis and handling of G \times E in a practical breeding program. *Crop Science*. 2016;56(5):2081-2869. DOI 10.2135/cropsci2015.06.0336.
- Рогаш А.Р., Дунаева Г.В. К вопросу о методике гибридизации льна // Лен и конопля. 1969;6:32-33. Rogash A.R., Dunaeva G.V. On the method of flax hybridization. *Flax and Hemp*. 1969;6:32-33 (in Russian).
- Методические указания по изучению коллекции льна (*Linum usitatissimum* L.) / под общ. ред. В.З. Богдана. Устье: РНДУП «Институт льна». 2011:1-12. Methodological guidelines for studying the flax collection (*Linum usitatissimum* L.). Edited by V. Z. Bogdan. Ustye: RNDUP Institute of Flax. 2011; 1-12 (in Russian).
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс. 2014:1-352. Dospekhov B.A. Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results. M.: Alliance. 2014:1-352 (in Russian).
- Kang M.S. A rank-sum method for selecting high-yielding, stable corn genotypes. *Cereal Research Communication*. 1988;16:113-115.
- Eberhart S.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science*. 1966;6:36-40.
- Anastasi U., Corinzia S.A., Cosentino S.L., Scordia D. Performances of durum wheat varieties under conventional and no-chemical input management systems in a semiarid Mediterranean environment. *Agronomy*. 2019;9(12):788. DOI 10.3390/agronomy9120788.
- Banas K., Osiecka A., Lenartowicz T., Lacka A., Bujak H., Przystalski M. Assessment of early, mid-early, and mid-late soybean (*Glycine max*) varieties in Northern Poland. *Agronomy*. 2023;13(12):2879. DOI 10.3390/agronomy13122879.
- Ahmed M., Morad Kh.A., Attia M.A., Zeinab G. Study the seed and oil yield stability of sunflower hybrids across environments. *Asian Journal of Advanced Research and Reports*. 2020;13(2):28-42. DOI 10.9734/ajarr/2020/v13i230305.
- Sandhya Koli N.R., Kumar M. Studies on sustainability index for selecting stable genotypes of linseed (*Linum usitatissimum* L.) in South-Eastern plain zone of Rajasthan. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2019;8(4):249-251.
- Sreelakshmi Ch., Ramesh Babu P. Sustainability index as an aid for determination of genotypic stability in rice in Southern

- zone of Andhra Pradesh. The Journal of Research Angra. 2019;47(3):59-62.
23. Aghogho C.I., Eleblu S.J.Y., Bakare M.A., Kayondo I.S., Asante I., Parkes E.Y., Kulakow P., Offei S.K., Rabbi I. Genetic variability and genotype by environment interaction of two major cassava processed products in multi-environments. *Frontiers in Plant Science*. 2022;13:974795. DOI 10.3389/fpls.2022.974795.
24. Olivoto T., Lucio A.D. Metan: an R package for multi-environment trial analysis. *Methods in Ecology and Evolution*. 2020;11(6):783-789. DOI 10.1111/2041-210X.13384.
25. Cargnelutti Filho A., Perecin D., Malheiros E.B., Guadagnin J.P. Comparação de métodos de adaptabilidade e estabilidade relacionados á produtividade de grãos de cultivares de milho. *Bragantia*. 2007;66:571-578. DOI 10.1590/S0006-87052007000400006.
26. Al-Naggar A.M.M., Abd El-Salam R.M., Asran M.R., Yaseen W.Y.S. Yield adaptability and stability of grain sorghum genotypes across different environments in Egypt using AMMI and GGE-biplot models. *Annual Research and Review in Biology*. 2018;23(31):1-16. DOI 0.9734/ARRB/2018/39491.

Информация об авторах

Константин Петрович Королёв, канд. с-х. наук, науч. сотр. кафедры ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры; e-мейл: corolev.konstantin2016@yandex.ru; <http://orcid.org/0001-0001-9595-3493>;

Алина Николаевна Якубенко, студент бакалавриата кафедры ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры;

Элина Николаевна Якубенко, студент бакалавриата кафедры ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры.

Information about authors

Konstantin P. Korolev, Cand. Agric. Sci., Staff Scientist, Departments of Botany, Biotechnology and Landscape Architecture; e-mail: corolev.konstantin2016@yandex.ru; <http://orcid.org/0001-0001-9595-3493>;

Alina N. Yakubenko, Undergraduate Student, Department of Botany, Biotechnology and Landscape Architecture;

Elina N. Yakubenko, Undergraduate Student, Department of Botany, Biotechnology and Landscape Architecture.

Статья поступила в редакцию 25.07.2024, одобрена после рецензии 07.10.2024, принята к публикации 20.11.2024.

Реакция сорта винограда Цветочный на гидротермические стрессы вегетационных периодов

Гусейнов Ш.Н.^{1✉}, Майбородин С.В.², Манацков А.Г.¹, Микита М.С.²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия им. Я.И. Потапенко – филиал Федерального Ростовского аграрного научного центра, г. Новочеркасск, Ростовская обл., Россия;

²Донской государственный аграрный университет, пос. Персиановский, Ростовская обл., Россия.

✉guseinov.shamil2012@yandex.ru

Аннотация. В работе рассматриваются различные технологические схемы возделывания винограда и их влияние на показатели продуктивности и качество урожая в связке с погодными условиями районов виноградарства Нижнего Придонья на востребованном зимостойком сорте винограда Цветочный. По результатам исследований, проведенных в 2017–2022 гг., установлено значительное преимущество по показателям продуктивности насаждений и качеству урожая разработанных нами новых способов ведения и формирования кустов: зигзагообразный кордон и Y-образная форма с двухъярусным размещением плеч кордона на шпалере, соответствующих требованиям промышленных технологий. Превышение показателей по продуктивности растений в этих вариантах опыта в сравнении с распространенным в практике способом ведения (формировка двухсторонний горизонтальный кордон) было в интервале от 15 до 50 %. Также было отмечено значительное варьирование по величине показателей продуктивности растений в сравниваемые годы как в среднем по сорту, так и в каждом варианте опыта. Предпринята попытка дать объяснение причинам варьирования величины урожая с биологической особенностью сорта и реакцией его на погодные условия в фазу активного роста побегов и цветения в вегетационные периоды 2017–2022 гг., повлиявшим на формирование признаков продуктивности и качества урожая европейско-амурского сорта винограда Цветочный. Установлена тесная корреляционная зависимость между признаками продуктивности растений (средняя масса грозди, продуктивность побега, урожайность и т.д.) и гидротермическим коэффициентом (ГТК) по Селянину за апрель-июнь, то есть в период активного роста побегов, цветения и оплодотворения завязей. Так, взаимосвязь с урожайностью составила $R=0,98+0,10$, средняя масса грозди – $R=0,94+0,17$. Масса грозди зависела от количества ягод в ней – $R=0,94+0,17$, а их число в грозди – от ГТК за апрель-июнь – $R=0,94+0,17$.

Ключевые слова: сорт винограда; формировка; способ ведения; обрезка; норма нагрузки; плодоносность; продуктивность; ГТК.

Для цитирования: Гусейнов Ш.Н., Майбородин С.В., Манацков А.Г., Микита М.С. Реакция сорта винограда Цветочный на гидротермические стрессы вегетационных периодов // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):336-341. EDN CDPUFE.

The response of 'Tsvetochnyi' grape variety to hydrothermal stresses of growing seasons

Guseinov Sh.N.^{1✉}, Majborodin S.V.², Manatskov A.G.¹, Mikita M.S.²

¹All-Russian Scientific Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya.I. Potapenko – branch of the Federal Rostov Agrarian Research Centre, Novocherkassk, Rostov region, Russia;

²Don State Agrarian University, village Persianovsky, Rostov region, Russia.

✉guseinov.shamil2012@yandex.ru

Abstract. The article considers various technological schemes of grape cultivation, and their impact on productivity and crop quality in conjunction with weather conditions of viticulture areas of the Lower Don region, on top-requested winter-hardy grape variety 'Tsvetochnyi'. According to the results of the research conducted in 2017–2022, a significant advantage of new developed by us methods of bush training and shaping, in terms of plant productivity and crop quality, and meeting the requirements of industrial technologies, was established: zigzag-shaped cordon and Y-shaped form with two-tiered placement of cordon arms on a trellis. The exceeding of plant productivity parameters in experimental variants, in comparison with the method of training common in practice (two-sided horizontal cordon training) was in the range from 15 to 50%. There was also a significant variation in terms of plant productivity indicators in the years of comparison, both on average for the variety and in each experimental variant. An attempt was made to explain the reasons for variation in yield value with biological characteristics of the variety, and its response to weather conditions in the phase of active shoot growth and flowering in the vegetation periods of 2017–2022, which influenced the formation of productivity traits and yield quality of the European-Amur grape variety 'Tsvetochnyi'. A close correlation was established between plant productivity traits (average bunch weight, shoot productivity, cropping capacity, etc.), and the Selyaninov's HTC (hydrothermal coefficient) for April–June, that is, during the period of active shoot growth, flowering and fruit set. So, the correlation with cropping capacity was $R=0,98+0,10$, the average bunch weight was $R=0,94+0,17$. The bunch weight depended on the number of berries in it – $R=0,94+0,17$, and their number in a bunch – from HTC for April–June – $R=0,94+0,17$.

Key words: grape variety; shaping; method of training; pruning; load rate; fertility; productivity; HTC.

For citation: Guseinov Sh.N., Majborodin S.V., Manatskov A.G., Mikita M.S. The response of 'Tsvetochnyi' grape variety to hydrothermal stresses of growing seasons. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):336-341. EDN CDPUFE (in Russian).

Введение

Крылатое выражение «Сорт решает успех дела» И.В. Мичурина актуально и в настоящее время, осо-

бенно в условиях Нижнего Придонья – самого северного района промышленного виноградарства России. И действительно, высокие показатели по урожайности насаждений и качеству ягод, по мнению многих ученых и практиков, в конкретных почвенно

климатических условиях, в основном зависят от удачно выбранного сорта винограда, соответствующего определенному направлению использования ягод и применяемому комплексу агротехнических приемов по уходу за насаждениями [1–3]. Поэтому при составлении технологической карты по уходу за виноградником по каждому конкретному сорту винограда включают такие важные агроприемы, как, например, пригнанные к условиям произрастания схемы размещения кустов на винограднике, способы ведения и формирования, обрезки и норма нагрузки растений глазками, побегами и урожаем и т.д. При этом основными показателями, определяющими соответствие сорта к определенным экологическим условиям произрастания, является его противостояние стрессовым ситуациям среды (зимние понижения температуры, ранневесенние и осенние заморозки, засушливость вегетационного периода и др.). А для получения наиболее значимых показателей по продуктивности необходимо для каждого конкретного сорта или для группы сортов, близких по биотехнологическим признакам, установить такие агроприемы, которые создадут оптимальные условия для роста и развития растений и тем самым будут способствовать повышению доли плодоносных побегов в общей структуре нагрузки куста и массу гроздей [2–6].

Исходя из вышесказанного, считаем, что исследования по оптимизации параметров технологических приемов по уходу за виноградниками позволят повысить основные признаки продуктивности у европейско-амурского сорта винограда Цветочный агротехническими методами. Они актуальны и вызовут интерес у специалистов отрасли.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на неукрываемых на зиму привитых виноградниках (подвой Кобер 5ББ) сорта Цветочный, размещенные в районе г. Новочеркасска Ростовской области.

Сорт Цветочный – гибрид межвидового происхождения (Северный × смесь пыльцы сортов Мускат венгерский, Мускат белый и Мускат александрийский) селекции ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт им. Я.И. Потапенко».

Цель исследований – изучить реакцию виноградного растения у европейско-амурского сорта Цветочный, возделываемого по разным технологическим схемам, на температурные стрессы вегетационных периодов 2017–2022 гг. в условиях Нижнего Придонья.

Многолетними исследованиями доказано соответствие сорта Цветочный условиям северного промышленного виноградарства. При этом характеризуют, прежде всего, его относительно высокую устойчивость к морозам, повышенную плодоносность побегов со средними и крупными по размеру гроздьями, высокую урожайность и сахаронакопительную способность, средне-поздний срок созревания ягод, среднюю устойчивость к милдью и слабую к оидиуму. Урожай используется для приготовления высококачественных соков, белых столовых, десертных и игристых вин [1, 6–10].

Опытный виноградник был заложен весной 2013 г. по схеме 3,0 × 1,5 м в типичных почвенно-климатических условиях Нижнего Придонья. Экспериментальные насаждения включали различные способы ведения, формирования и обрезки кустов винограда, такие как: малую чашевидную формировку, двухплечий Гюйо, Зигзагообразный кордон, двухрукавную высокоштамбовую, Y-образную формировку, двухплечий горизонтальный кордон, спиральный кордон, а из способов ведения – упрощенную одноярусную шпалеру и стандартные двухъярусную и трехъярусную ярусную вертикальную шпалеру.

Статистический анализ экспериментальных данных проводили в соответствии с методикой полевого опыта по Доспехову Б.А. [11]. Агробиологические учеты и наблюдения – по общепринятой методике агротехнических исследований [12, 13].

Результаты и их обсуждение

В жизненном цикле виноградной лозы отмечают пики и падения в проявлении признаков продуктивности, на параметры которых оказывают влияние агротехнологические и климатические условия каждого конкретного года.

В многочисленных публикациях по результатам исследований российских и зарубежных ученых показано огромное влияние на ростовые и репродуктивные процессы способов ведения, формирования и обрезки кустов винограда. Кроме этого, на стабильность обозначенных признаков существенно влияют погодные условия в периоды: как в целом годичного цикла, вегетационного периода, так и в отдельные этапы развития растений, выделяя такие критические фазы развития растений, как фаза активного роста побегов, цветения, оплодотворение завязей. При этом отмечают неодинаковую сортовую реакцию виноградника, возделываемого по разным технологическим схемам, на характер погодных условий, особенно в критические периоды развития растений. В нашем случае он характеризовался по уровню гидротермического коэффициента (ГТК) по Селянинову (апрель-июнь) в относительно неблагоприятные 2018–2020 и 2022 гг. в сравнении с благоприятными 2017 и 2021 гг. и многолетними данными [5, 11].

Характеризуя годы проведенных исследований, мы отмечаем, что погодные условия годичных циклов в целом были близки к среднемноголетним значениям и сложились на Дону относительно благоприятно для роста, развития и плодоношения виноградной лозы. Хотя и отмечалась специфика в развитии растений в отдельные фазы вегетационного периода по условиям увлажнения, повлиявшего на параметры урожайности насаждений.

Так, например, осенне-зимние периоды (фазы покоя) сложились благоприятно для сохранности лоз и глазков. Температура воздуха в эти годы не опускалась ниже критической для неукрытых на зиму лоз у опытного сорта винограда. Минимальная среднемесячная температура воздуха была отмечена в декабре 2019 г. и составила –14,5 °С при многолетней –17,4 °С. Абсолютный минимум температуры за годы

исследований был отмечен в январе 2020 г. и составил всего $-20,7^{\circ}\text{C}$ при многолетнем значении $-28,2^{\circ}\text{C}$. Остальные зимние месяцы (январь, февраль) в эти годы также были значительно теплее средне-многолетней нормы. Соответственно, от $-2,2^{\circ}\text{C}$ до $+2,1^{\circ}\text{C}$ против средне-многолетней температуры $-5,2^{\circ}\text{C}$ и $-4,3^{\circ}\text{C}$. Абсолютный минимум не опускался ниже $-19,0^{\circ}\text{C}$, поэтому существенных повреждений лоз и глазков отмечено не было.

Весна в годы наблюдений была ранняя и несколько теплее средней многолетней. Так, среднемесячная температура воздуха в марте, апреле и мае была в интервале от $7,0$ до $15,8^{\circ}\text{C}$ при средне-многолетней $2,9$, $11,0$ и $17,4^{\circ}\text{C}$. И начало вегетаций было близким к обычным. Однако по количеству выпавших осадков в вегетационный период 2017–2022 гг. оказались засушливее: от $156,8$ до $253,6$ мм против $303,6$ мм средне-многолетних. Тем не менее на опытных делянках в эти годы развился хоть и контрастный по величине, но вполне приличный урожай винограда с высокими технологическими кондициями (табл. 1).

Приведенные в таблице 1 данные показывают, что в абсолютно одинаковых почвенно-климатических условиях существенное влияние на урожайность оказал способ ведения и формирования кустов винограда. Так, повышенной продуктивностью выделились насаждения в вариантах опыта с новыми формированиями Зигзагообразный кордон и Y-образная форма, в которых средняя урожайность за 6 лет наблюдений была на уровне $18,2$ и $17,9$ т/га. Это на 24 – 36 % выше в сравнении другими вариантами (табл. 1). В то же время мы отмечаем значительное варьирование величины урожая по годам как в среднем по всем 7 вариантам опыта, так и по каждому варианту в отдельности. Эта разница была весьма существенна – до $1,5$ – 2 раз. В чем причина такого диапазона по уровню урожайности?

Считают, что наиболее важными агробиологическими признаками, позволяющими судить о преимуществе той или иной системы ведения, являются плодоносность побегов и величина грозди. Эти два показателя являются определяющими в формировании таких признаков, как продуктивность побега, урожайность куста и в целом насаждений [1, 2, 7].

В нашем случае мы рассмотрели эти признаки с

Таблица 1. Влияние способа ведения и формирования кустов, степени увлажнённости почвы на урожайность, 2017–2022 гг.

Table 1. The effect of the method of bush training and shaping, soil moisture degree on the cropping capacity, 2017-2022

Формировка	ГТК (апрель-июнь)						Мср.	Коэффициент корреляции урожайности с ГТК
	1,31	0,20	0,67	0,60	0,92	0,45		
	урожайность, т/га							
	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
Двулучий Гюйо	17,6	9,1	14,6	12,9	13,9	11,1	13,2	
Двулучий кордон	23,3	11,2	12,0	12,3	15,7	12,4	14,5	
Спиральный кордон	18,4	8,5	13,7	10,7	15,8	13,4	13,4	
Зигзагообразный кордон	24,7	11,6	15,8	15,6	24,9	16,4	18,2	
Y-образная форма	24,0	11,9	14,5	15,1	26,0	15,9	17,9	
Двухрукавная высокоштамбовая	21,5	10,1	13,8	11,6	16,4	14,9	14,7	
Малая чашевидная	17,6	11,6	15,1	11,4	15,6	10,2	13,6	
Мср.	21,0	10,3	14,2	12,8	18,3	13,5	15,1	$0,98 \pm 0,1$
НСР ₀₅								0,52

Таблица 2. Влияние способа ведения и формирования кустов, степени увлажнённости почвы на величину коэффициента плодоношения, 2017–2022 гг.

Table 2. The effect of the method of bush training and shaping, soil moisture degree on the value of fruiting coefficient, 2017-2022

Формировка	ГТК (апрель-июнь)						Мср.	Коэффициент корреляции K_1 с ГТК
	1,31	0,20	0,67	0,60	0,92	0,45		
	число соцветий на 1 побеге, K_1							
	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
Двулучий Гюйо	1,23	1,33	1,59	1,34	1,24	1,31	1,33	
Двулучий кордон	1,54	1,46	1,50	1,52	1,12	1,40	1,42	
Спиральный кордон	1,51	1,21	1,61	1,38	1,38	1,47	1,43	
Зигзагообразный кордон	1,62	1,40	1,66	1,30	1,21	1,50	1,45	
Y-образная форма	1,52	1,53	1,66	1,33	1,49	1,68	1,54	
Двухрукавная высокоштамбовая	1,55	1,44	1,53	1,34	1,2	1,41	1,41	
Малая чашевидная	1,48	1,38	1,44	1,36	1,2	1,23	1,35	
Мср.	1,49	1,39	1,57	1,38	1,26	1,42	1,42	$0,19 \pm 0,49$
НСР ₀₅								0,09

точки зрения стабильности, а также реакции сорта на способы ведения и метеорологические условия вегетационных периодов (табл. 2).

В таблице 2 показано среднее число соцветий на одном развившемся побеге (коэффициенты плодоношения, K_1), величина которого характеризует сорт Цветочный как высоко-плодоносный. Средне-многолетнее значение этого признака – $1,42$. Способ ведения и формирования не оказал существенного влияния на его величину. Разница между крайними вариантами и средним значением не превышала 7 – 9 %. Близок он был к среднему значению во все годы наблюдений (табл. 2).

Поэтому, по нашему мнению, показатели плодоносности в условиях проведенных исследований не

могли повлиять так существенно на разницу в урожайности в сравниваемые годы наблюдений.

В наших исследованиях у сорта винограда Цветочный наиболее подверженным колебаниям в опыте был признак масса грозди. В таблице 3 приведены средние значения массы гроздей в зависимости от способа ведения и условий увлажнения в фазы активного роста побегов и цветения. Из приведенных данных видно, что форма куста и способ его ведения не оказал существенного влияния на массу грозди. А вот условия увлажнения существенно повлияли на их размерные характеристики. Разница между крайними значениями в сравниваемые годы по массе грозди была в интервале от 45 до 90 % (табл. 3).

Аналогичное преимущественное значение массы грозди в формировании урожайности куста у сорта винограда Ркацители было отмечено ранее в орошаемых условиях юга Дагестана. В тех условиях, благоприятных по увлажнению, величина грозди зависела от размера эмбриональных соцветий, формируемых в предшествующую вегетацию под воздействием уровня термического напряжения за июнь-октябрь, предшествующего урожаю год [1, 6, 7, 14].

В нашем случае при рассмотрении структуры грозди отмечено, что на ее массу преимущественно повлияло количество ягод в ней. А на количество ягод – степень увлажненности почвы и воздуха (апрель-июнь), т.е. в фазу активного роста побегов, цветения и оплодотворения завязей, которую характеризует ГТК по Селянинову. В эти годы с ГТК от 0,2 до 0,67 было отмечено значительное опадение бутонов в соцветиях. Грозди содержали в 1,5–2 раза меньше ягод в сравнении с обычными годами (табл. 4).

Так, например, масса грозди в годы с ГТК 0,20, 0,67, 0,60 и 0,45 в среднем по всем вариантам опыта составила 103, 115, 136 и 120 г, что значительно ниже в сравнении с 2017 и 2021 гг. с ГТК 1,31 и 0,92. Различия в сравниваемые годы по этому признаку были в интервале от 94 до 61 г. Коэффициент корреляции между этими признаками был на уровне 0,92–+0,19 (табл. 4).

Значительное варьирования хозяйственно цен-

Таблица 3. Влияние способа ведения и формирования кустов, степени увлажненности почвы на массу грозди, 2017–2022 гг.

Table 3. The effect of the method of bush training and shaping, soil moisture degree on the bunch weight, 2017–2022

Формировка	ГТК (апрель-июнь)						Мср.	Коэффициент корреляции признака с ГТК
	1,31	0,20	0,67	0,60	0,92	0,45		
	средняя масса грозди, г							
	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
Двулучий Гюйо	210	110	131	136	154	109	142	0,97±0,17
Двулучий кордон	200	98	103	126	186	120	139	0,90±0,21
Спиральный кордон	182	94	104	139	184	126	138	0,86±0,25
Зигзагообразный кордон	203	106	114	135	210	109	146	0,67±0,37
У-образная форма	189	97	112	142	219	112	145	0,94±0,17
Двухрукавная высокоштамбовая	178	101	113	135	191	140	143	0,81±0,29
Малая чашевидная	220	117	131	142	195	121	154	0,94±0,17
Мср.	197	103	115	136	191	120	144	0,92±0,19
НСР ₀₅								5,5

Таблица 4. Влияние погодных условий в фазу активного роста побегов и цветения на проявления агробιοлогических признаков, 2017–2022 гг.

Table 4. The effect of weather conditions during the phase of active growth of shoots and flowering on the manifestation of agrobiological characteristics, 2017–2022

Признаки	ГТК (апрель-июнь)						Мср.	Коэффициент корреляции признака с ГТК
	1,31	0,20	0,67	0,60	0,92	0,45		
	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
Нагрузка побегами, тыс. шт. на га	73	72	82	67	75	79	75	-
Плодоносных побегов, %	93	90	87	90	88	97	91	0,29
Коэффициент плодоношения (K ₁)	1,49	1,39	1,57	1,37	1,26	1,42	1,42	0,188
Коэффициент плодоносности (K ₂)	1,60	1,54	1,80	1,52	1,44	1,46	1,56	0,06
Средняя масса грозди, г	197	103	115	136	191	120	144	0,94±0,17
Средняя масса ягоды, г	2,0	1,9	1,9	1,9	2,0	1,9	1,9	0,07
Количество ягод в грозди, шт.	98	54	62	69	96	63	74	0,94±0,17
Продуктивность побега, г	294	143	182	181	241	165	200	0,95±0,16
Урожайность, т/га	21,0	10,3	14,3	12,8	18,3	13,8	15,1	0,98±0,1
Массовая концентрация сахаров, г/100 см ³	20,4	24,8	23,3	24,8	21,2	20,1	22,4	-

ных признаков, в том числе и урожайности у сортов черешни под влиянием увлажненности почвы и воздуха (по ГТК) в весенне-летний период показано в работе Доли Ю.А., а на ростовые и репродуктивные процессы у деревьев груши – в работе Потанина Д.В. и Ивановой М.И. [9, 14].

Было высказано мнение о возможном влиянии на параметры признаков продуктивности, увлажненности почвы в отдельные фазы вегетационного периода. А повышенная требовательность во влажности

почвы и воздуха у европейско-амурских гибридных сортов винограда проявляется потому, что некоторые из них унаследовали ее от одного из родителей амурского винограда [10, 14]. В наших исследованиях особенно ярко этот признак проявился в условиях проведенной работы у европейско-амурского сорта винограда Цветочный.

По результатам проведенных исследований отмечено существенное варьирование важных агробиологических признаков, таких как средняя масса грозди, продуктивность побега, урожайность и других у конкретного европейско-амурского сорта винограда Цветочный, причем эти колебания признаков тесно увязывались с параметрами ГТК по Селянину, который характеризует степень увлажнения почвы в годовом цикле виноградной лозы, в том числе в отдельные фазы вегетационного периода, например в так называемые критические периоды развития виноградной лозы. В нашем случае он пришелся на апрель-июнь, т.е. на период активного роста побегов, цветения и оплодотворения завязей [1, 3, 5, 8].

В таблице 4 показан диапазон ГТК за 6 лет наблюдений. Он был в интервале от 0,2 в 2018 г. до 1,31 в 2017 г. и 0,92 в 2021 г. Контраст по продуктивности также пришелся на эти годы: от 10,3 до 21,0–18,3 т/га (табл. 4). В этом, по всей видимости, и есть суть проявления сортовой особенности у европейско-амурского сорта винограда Цветочный.

Стоит отметить, что в аналогичных исследованиях, проведенных нами в одних и тех же экологических условиях в эти же годы у межвидового сорта Кристалл, у которого один из родителей – амурский виноград, такой взаимосвязи не установлено.

Выводы

По результатам многолетних исследований в условиях Нижнего Придонья у сорта Цветочный показано значительное преимущество по показателям продуктивности насаждений и качеству урожая при применении новых способов ведения и формирования кустов: Зигзагообразный кордон и Y-образная форма с двухъярусным размещением плеч кордона на шпалере, которые соответствуют требованиям промышленных технологий. Превышение по продуктивности растений в этих вариантах опыта в сравнении с распространенным в практике способом ведения с формировкой двусторонний горизонтальный кордон было в интервале от 15 до 50 %.

Отмечена отличительная особенность у европейско-амурского сорта винограда Цветочный, которая проявилась в его реакции на уровень увлажнения (по ГТК за апрель-июнь), т.е. в фазу активного роста побегов, цветения и оплодотворения завязей. Пониженные значения по продуктивности насаждений (10,3–13,6 т/га) были при ГТК 0,2–0,67, а максимальные (20,0–18,6 т/га) при 1,36–0,92. Знание особенности сорта в реакции на складывающиеся погодные условия в этот отрезок вегетационного периода позволит специальными агротехническими приемами значительно уменьшить ее негативное влияние на ростовые и репродуктивные процессы.

Источник финансирования

Не указан.

Financing source

Not specified.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Гусейнов Ш.Н., Манацков А.Г., Майборodin С.В. Реакция сорта винограда Цветочный на температурный стресс вегетационного периода 2018 года // Русский виноград. 2018;8:82-89. DOI 10.32904/2412-9836-2018-8-82-89.
2. Бейбулатов М.Р. Продуктивность сортов винограда в зависимости от погодных условий конкретной климатической зоны // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2014;1:14-15.
3. Буйвал Р.А., Бейбулатов М.Р., Тихомирова Н.А., Урденко Н.А. Дифференцированный подход к выбору эффективных элементов агротехники клонов технических сортов винограда // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021;68(2):162-176. DOI 10.30679/2219-5335-2021-2-68-162-176.
4. Mengyuan W., Ma T., Ge Q., Li C., Zhang K., Fang Y., Sun X. Challenges and opportunities of winter vine pruning for global grape and wine industries. Journal of Cleaner Production. 2022;380(2):135086. DOI j.clepro.2022.135086.
5. Петров В.С., Алейникова Г.Ю., Марморштейн А.А. Агроэкологическое зонирование территории для оптимизации размещения сортов, устойчивого виноградарства и качественного виноделия. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ. 2020:1-138.
6. Neethling E., Barbeau G., Coulon-Leroy C., Quéno H., Quéno H. Spatial complexity and temporal dynamics in viticulture: A review of climate-driven scales. Agricultural and Forest Meteorology. 2019;276-277. DOI 10.1016/j.agrformet.2019.107618.
7. Смирнов К.В., Малтабар Л.М., Раджабов А.К., Матюзок Н.В., Трошин Л.П. Виноградарство. М.: «Росинформ-агротех». 2017:1-500.
8. Гусейнов Ш.Н., Манацков А.Г., Майборodin С.В. Агробиотехнологические особенности неукрывного виноградарства на Дону // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021;67(1):177-188. DOI 10.30679/2219-5335-2021-1-67-177-188.
9. Доля Ю.А. Влияние абиотических факторов весенне-летнего периода на формирование хозяйственно-ценных признаков у сортов черешни (*Cerasus avium* L.) в условиях юга России // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2024;88(4):1-9. DOI 10.30679/2219-5335-2024-4-88-1-9.
10. Потанин В.Г. Усовершенствование ГТК Селянинова для расширения возможностей его применения // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022;52(2):95-104. DOI 10.26898/0370-8799-2022-2-11.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс. 2014:1-352.
12. Агротехнические исследования по созданию интенсивных виноградных насаждений на промышленной основе. Новочеркасск: Всероссийский НИИ виноградарства и виноделия им. Я.И. Потапенко. 1978:1-173.
13. Петров В.С., Алейникова Г.Ю., Марморштейн А.А. Методы исследований в виноградарстве. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ. 2021:1-147.

14. Потанин Д.В., Иванова М.И. Архитектоника корневых систем и потенциальная засухоустойчивость деревьев яблони, привитых на различные по силе роста подвои // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2023;82(4):12-27. DOI 10.30679/2219-5335-2023-4-82-12-27.

References

- Huseynov Sh.N., Manackov A.G., Majborodin S.V. The reaction of grapevine variety Cvetochniy on temperature stress of growing period in 2018. *Russian Grapes*. 2018;8:82-89. DOI 10.32904/2412-9836-2018-8-82-89 (*in Russian*).
- Beibulatov M.R. Productivity of grape varieties as affected by weather conditions of a definite climatic zone. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2014;1:14-15 (*in Russian*).
- Buival R.A., Beibulatov M.R., Tikhomirova N.A., Urdenko N.A. Differentiated approach to the selection of effective elements of agricultural technology for clones of wine grape varieties. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2021;68(2):162-176. DOI 10.30679/2219-5335-2021-2-68-162-176 (*in Russian*).
- Mengyuan W., Ma T., Ge Q., Li C., Zhang K., Fang Y., Sun X. Challenges and opportunities of winter vine pruning for global grape and wine industries. *Journal of Cleaner Production*. 2022;380(2):135086. DOI j.clepro.2022.135086.
- Petrov V.S., Aleynikova G.Yu., Marmorstein A.A. Agroecological zoning of the territory for optimizing the placement of varieties, sustainable viticulture and high-quality winemaking. Krasnodar: FSBSI NCF SCHVW. 2020:1-138 (*in Russian*).
- Neethling E., Barbeau G., Coulon-Leroy C., Quéno H., Quéno H. Spatial complexity and temporal dynamics in viticulture: A review of climate-driven scales. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2019:276-277. DOI 10.1016/j.agrformet.2019.107618.
- Smirnov K.V., Maltabar L.M., Radzhabov A.K., Matuzok N.V., Troshin L.P. *Viticulture*. M.: Rosinformagrotech. 2017:1-500 (*in Russian*).
- Huseynov Sh.N., Manatskov A.G., Maiborodin S.V. Agrobiotechnological features of non-cover up viticulture in the Don area. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2021;67(1):177-188. DOI 10.30679/2219-5335-2021-1-67-177-188 (*in Russian*).
- Dolya Yu.A. Influence of abiotic factors of the spring-summer period on the formation of economically valuable traits of sweet cherry varieties (*Cerasus avium* L.) in the conditions of Southern Russia. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2024;88(4):1-9. DOI 10.30679/2219-5335-2024-4-88-1-9 (*in Russian*).
- Potani V.G. Improvement of the Selyaninov HTC to expand the possibilities of its application. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2022;52(2):95-104. DOI 10.26898/0370-8799-2022-2-11 (*in Russian*).
- Dospekhov B.A. Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results. M.: Alliance. 2014:1-352 (*in Russian*).
- Agrotechnical research on the creation of intensive grape plantations on an industrial basis. Novocheerkassk: All-Russian Research Institute of Viticulture and Winemaking named after Ya.I. Potapenko. 1978:1-173 (*in Russian*).
- Petrov V.S., Aleynikova G.Yu., Marmorstein A.A. Research methods in viticulture. Krasnodar: FSBSI NCF SCHVW. 2021:1-147 (*in Russian*).
- Potani D.V., Ivanova M.I. Architectonics of root systems and potential drought resistance of apple trees grafted on the rootstocks of different growth strength. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2023;82(4):12-27. DOI 10.30679/2219-5335-2023-4-82-12-27 (*in Russian*).

Информация об авторах

Шамиль Нажмутдинович Гусейнов, д-р с.-х. наук, проф., зав. лабораторией агротехники; e-мэйл: guseinov.shamil2012@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2203-2524>;

Сергей Вячеславович Майбородин, канд. с.-х. наук, доц., зав. кафедрой растениеводства и садоводства; e-мэйл: maiborodin87@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3654-0132>;

Александр Геннадьевич Манацков, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр. лаборатории агротехники; e-мэйл: ruswine@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8914-5526>;

Максим Сергеевич Микита, ассистент кафедры растениеводства и садоводства; e-мэйл: mikita.max87@gmail.com.

Information about authors

Shamil N. Guseinov, Dr. Agric. Sci., Professor, Head of the Laboratory of Agricultural Engineering; e-mail: guseinov.shamil2012@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2203-2524>;

Sergei V. Majborodin, Cand. Agric. Sci., Assistant Professor, Head of the Department of Crop Growing and Horticulture; e-mail: maiborodin87@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3654-0132>;

Alexander G. Manatskov, Cand. Agric. Sci., Leading Staff Scientist, Laboratory of Agricultural Engineering; e-mail: ruswine@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8914-5526>;

Maxim S. Mikita, Assistant, Department of Crop Growing and Horticulture; e-mail: mikita.max87@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 17.10.2024, одобрена после рецензии 13.11.2024, принята к публикации 20.11.2024.

Агроэкологические аспекты применения удобрений на основе дигестата в ампелоценозе

Красильников А.А.[✉], Руссо Д.Э.

Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, г. Краснодар, Краснодарский край, Россия

[✉]akrasilnikov@yandex.ru

Аннотация. Изложенные в статье результаты изучения эффективности в ампелоценозе биоорганического преобразованного дигестата, полученного в результате анаэробного сбраживания отходов молочной промышленности в биогазовой установке, были проведены методом полевого опыта в условиях Черноморской зоны Краснодарского края (ООО «Абрау-Дюрсо», г. Новороссийск). Актуальность научно-исследовательских работ обусловлена задачей решения проблемы экологизации и биологизации интенсификационных процессов в отрасли виноградарства на фоне растущей химической нагрузки на почву и растения. Новизна исследования связана с использованием в системе удобрения винограда вторичных ресурсов промышленного и сельскохозяйственного производства различного происхождения, подвергнутых переработке, обеззараживанию, обогащению, стабилизации. Комплексный биоорганический препарат на основе дигестата, применяемый некорневым способом перед цветением винограда и в период роста ягод в дозе 0,5 и 1,0 л/га, представляет собой жидкий биоконцентрат, содержащий в своем составе преимущественно гуминовые и фульвокислоты, комплекс макро- и микроудобрений, фитогормонов (микроколичества), регуляторов роста, штаммы живых ризосферных почвенных микроорганизмов, аминокислоты. В результате исследований установлено, что в сравнении с контрольным вариантом препарат обеспечивал более высокий уровень нарастания вегетативной массы растений винограда, водоудерживающей способности листьев в летний период, ассимиляционной и метаболической активности. Установлен существенный рост урожайности на фоне применения биоудобрения, а также улучшение товарных характеристик винограда сортов Мерло и Каберне Совиньон. В среднем за период исследований данная технология обеспечила прибыль от продаж в размере 695,6 тыс. руб./га (сорт Мерло) и 664,6 тыс. руб./га (сорт Каберне Совиньон), что выше в сравнении с контрольным вариантом на 35 и 31,2% при рентабельности производства 62,6% и 60,9% соответственно.

Ключевые слова: виноградарство; биологизация агропроизводства; удобрение-дигестат; некорневые обработки; продуктивность.

Для цитирования: Красильников А.А., Руссо Д.Э. Агроэкологические аспекты применения удобрений на основе дигестата в ампелоценозе // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):342-348. EDN DFWBEU.

ORIGINAL RESEARCH

Agroecological aspects of the application of digestate-based fertilizers in ampelocenosis

Krasilnikov A.A.[✉], Russo D.E.

North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making, Krasnodar, Russia

[✉]akrasilnikov@yandex.ru

Abstract. The results of studying the efficiency in ampelocenosis of bioorganic transformed digestate obtained as a result of anaerobic digestion of dairy industry waste in a biogas plant were carried out by field experiment in the conditions of Black Sea zone of the Krasnodar Territory (Abrau-Durso LLC, Novorossiysk). The relevance of scientific research is determined by the task of solving the problem of ecologization and biologization of intensification processes in viticulture against the background of growing chemical load on soils and plants. The research novelty is associated with the use of secondary resources of industrial and agricultural production of various origins in grape fertilization system, subjected to processing, disinfection, enrichment, stabilization. A complex bioorganic preparation based on digestate, used as a foliar top dressing before grape flowering and during berry growth at a dose of 0.5 and 1.0 l/ha, is a liquid bioconcentrate containing mainly humic and fulvic acids, a complex of macro- and micro-fertilizers, phytohormones (micro quantities), growth regulators, strains of living rhizosphere soil microorganisms, amino acids. As a research result, it was found that the preparation, in comparison with the control variant, provided a higher level of increase in the vegetative mass of grape plants, water-retaining ability of leaves in the summer, assimilation and metabolic activity. A significant increase in cropping capacity was established against the background of the use of biofertilizer, as well as an improvement in the commercial characteristics of 'Merlot' and 'Cabernet Sauvignon' grape varieties. This technology provided an average sales profit of 695.6 thousand rubles/ha during the research period, which is 35% higher compared to the control variant with a production margin of 62.6% ('Merlot' variety), and 664.6 thousand rubles/ha (31.2% higher than in the control) with a production margin of 60.9% ('Cabernet Sauvignon' variety).

Key words: viticulture; biologization of agricultural production; digestate-based fertilizer; foliar top dressing; productivity.

For citation: Krasilnikov A.A., Russo D.E. Agroecological aspects of the application of digestate-based fertilizers in ampelocenosis. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):342-348. EDN DFWBEU (in Russian).

Введение

Одним из основных способов снижения химической нагрузки на почву и растения в сфере агропроизводства является биологизация системы удобрения сельскохозяйственных культур. Актуальность агро-

номической концепции биологизации технологической схемы применения агрохимикатов и пестицидов основана на почвенных изысканиях ученых и анализе агроэкологической устойчивости ампелоценозов, выявивших целый ряд взаимосвязанных проблем, вызванных ухудшением целостности почвенной системы с экологической точки зрения [1–3]. Установлено, что в условиях монокультуры имеет место нако-

питательный эффект ежегодного несбалансированного воздействия агрохимикатов, негативно влияющий на биоразнообразие почвенного покрова, уровень содержания тяжелых металлов, супрессивность почв. В то же время использование различных составов биоминеральных, биомодифицированных и биологических удобрений пролонгированного действия создает условия для усиления энергетического потенциала почв виноградников, оптимизации режима питания растений и повышения их продуктивности, а способ некорневой обработки растений водными растворами препаратов позволяет значительно снизить нагрузку на почву, оптимизировать режим питания растений в критические периоды сезонного развития. Так, системные обработки растений винограда хелатированными удобрениями из океанических водородослей способствовали увеличению стандартной продукции, массовой концентрации сахаров в ягодах и общей дегустационной оценки [4]; применение некорневым методом лигногумата обеспечивало увеличение урожайности растений и массы грозди [5]; использование микробных препаратов на основе эффективных микроорганизмов на фоне задержания почвы междурядий способствовало увеличению количества полезных бактерий в ризосфере винограда в сравнении с контрольным вариантом (без инокуляции) в среднем в 1,3 раза [6].

Менее изученным и распространенным является прием использования в качестве органического удобрения шламов промышленного и сельскохозяйственного производства различного происхождения, подвергнутых переработке, обеззараживанию, обогащению, стабилизации. Полученные с помощью биотехнологий (в том числе биогазовой технологии), удобрения из различного растительного сырья и отходов животноводства, шламов очистных сооружений характеризуются, по мнению ученых, высоким содержанием органических и минеральных соединений, способствуют одновременно решению проблемы снижения экологической нагрузки в районах расположения отраслевых агропромышленных предприятий, сокращению выбросов парниковых газов, обеспечению нужд предприятий электрической и тепловой энергией, эффективным управлением дигестата и его превращением в высококачественное экологически чистое органическое удобрение [7–15]. С целью получения достоверной, научно-обоснованной информации об эффективности в ампелоценозе биоорганического преобразованного дигестата, полученного в результате анаэробного сбраживания отходов молочной промышленности в биогазовой установке, были проведены полевые опыты в условиях Черноморской зоны Краснодарского края.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования были выполнены в 2022–2023 гг. (в 2021 г. проводилось почвенно-агрохимическое обследование участка полевого опыта, разработка программы НИР, обследование состояния насаждений, выбор учетных растений). Методической основой для планирования эксперимента,

закладки полевых опытов в границах промышленных насаждений винограда ООО «Абрау-Дюрсо» (г. Новороссийск) и агробиологических учетов послужили соответствующие рекомендации, разработанные в ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» [16]. Достоверность результатов экспериментальных исследований (однофакторный полевой опыт) подтверждена с помощью метода статистической обработки данных наблюдений, рекомендованного Б.А. Доспеховым [17]. Анализ растений выполнен с помощью метода капиллярного электрофореза [18]. Рабочие таблицы, рисунки, математические расчеты выполнены с помощью программы MS Excel.

Объектами исследований были плодоносящие насаждения винограда технических сортов Мерло (2022–2023 гг.) и Каберне Совиньон (2023 г.). Растения сформированы по системе «одноплечий горизонтальный кордон» при схеме размещения 3 × 1,5 м. Агротехника ухода за насаждениями общепринятая, все работы выполняются в оптимальные сроки, состояние насаждений удовлетворительное.

Рельеф территории горный, с крутыми и пологими склонами. Высота водоразделов над уровнем моря 300–800 м, крутизна склонов достигает 12–15–25.

Дерново-карбонатная почва опытных участков характеризуется однородностью агрохимических показателей: в слое почвы 0–50 см содержание гумуса – 2,75–2,87 %, подвижного фосфора – 22–30 мг/кг, обменного калия – 112–122 мг/кг, азота нитратов – 23–28 мг/кг, актуальная кислотность – в пределах значений 7,79–8,11. Имеет место наличие водорастворимых солей преимущественно группы труднорастворимых безвредных, а также незначительные количества сульфата кальция. Содержание щелочных солей, в том числе вредных щелочных, не превышает допустимые нормы для винограда. Вредные нейтральные соли, хлориды также выявлены в минимальных количествах в границах всего насаждения.

Благоприятный для культуры винограда мягкий, теплый климат региона имеет ряд особенностей: район г. Новороссийска открыт ветрам, в последние годы отмечается устойчивая тенденция дефицита влаги в период наиболее активного роста ягод винограда, а также периодическое продолжительное в течение 3–5 дней понижение температуры воздуха до –3 и –7 °С в ранневесенний период начала вегетации винограда, значительные перепады температуры в позднелетний и весенний периоды.

Используемый в опыте биоорганический комплексный препарат на основе дигестата произведен компанией в составе биотехнологического кластера Новосибирской области и представляет собой жидкий биоконцентрат, содержащий в своем составе преимущественно гуминовые и фульвокислоты, комплекс макро- и микроэлементов, фитогормонов (микроколичества), регуляторов роста, штаммы живых ризосферных почвенных микроорганизмов, аминокислоты. Препарат полностью органического происхождения изготовлен при помощи экологически

безопасной технологии, основанной на биологических процессах в биореакторе, не токсичен, не содержит тяжелых металлов, соответствует требованиям ГОСТ 33380-2015, предназначен для применения в системе органического и биологизированного земледелия на основе международных стандартов органического сельского хозяйства (Биологические удобрения, имеющие подтверждение для использования в органическом сельском хозяйстве без госрегистрации). Обработки растений винограда водными растворами биоконцентрата проводили механизированным способом одновременно на всех делянках опыта в дозах 1,0 л/га, 0,5 л/га (2022 г.) и 0,5 л/га (2023 г.) (контрольный вариант – обработки водой): I тур обработки – перед началом цветения; II тур обработки – период роста ягод (размер ягоды «горошина»).

Результаты и их обсуждение

Программой научных исследований эффективности биоорганического комплексного удобрения были предусмотрены следующие агроучеты и наблюдения: учет количества сформировавшихся на кусте плодородных побегов (при нормировании общего количества развившихся на кусте побегов в вариантах), количества соцветий на куст, отношение количества соцветий к общему числу развившихся побегов и приходящихся на один плодородный побег винограда, массы грозди, динамики изменения длины побегов, хозяйственной продуктивности растений.

В 2022 г. интенсивное выпадение атмосферных осадков в весенний период (75 мм в период апрель-май) стимулировало ростовую активность винограда сорта Мерло. Существенных различий показателя между вариантами в мае не было выявлено. Рост побегов в июле, августе и сентябре значительно превысил значение показателя в контрольном варианте (рис. 1).

В 2023 г. интенсивность нарастания вегетативной массы у винограда в мае была также высокой во всех вариантах опыта, что, вероятно, связано с достаточными запасами продуктивной влаги в метровом слое почвы. Тенденция более активного роста побегов у растений винограда сортов Мерло и Каберне Совиньон на фоне некорневых обработок сохранялась в летне-осенний период максимальной напряженности гидротермических факторов

(продолжительное отсутствие атмосферных осадков при температуре воздуха 33–36 °С).

Достоверные различия между вариантами по показателям количества плодородных побегов (ПП) и соцветий на куст отсутствовали (увеличение количественных значений показателей в пределах НСР). При этом в 2022 г. у винограда сорта Мерло коэффициент плодородности (K_1) в вариантах с применением биоудобрения в дозах 0,5 и 1,0 л/га был выше соответственно на 5,5 и 3,3 % в сравнении с контрольным вариантом, а коэффициент плодородности (K_2) – соответственно на 1,6 и 0,8 %. В 2023 г. у сорта винограда Мерло среднее число соцветий на один плодородный побег составило 1,26, а у сорта Каберне Совиньон – 1,24 при обработках растений водными растворами удобрения в дозе 0,5 л/га, что превысило значение показателя в контрольном варианте на 4,6–5,8 % (табл. 1).

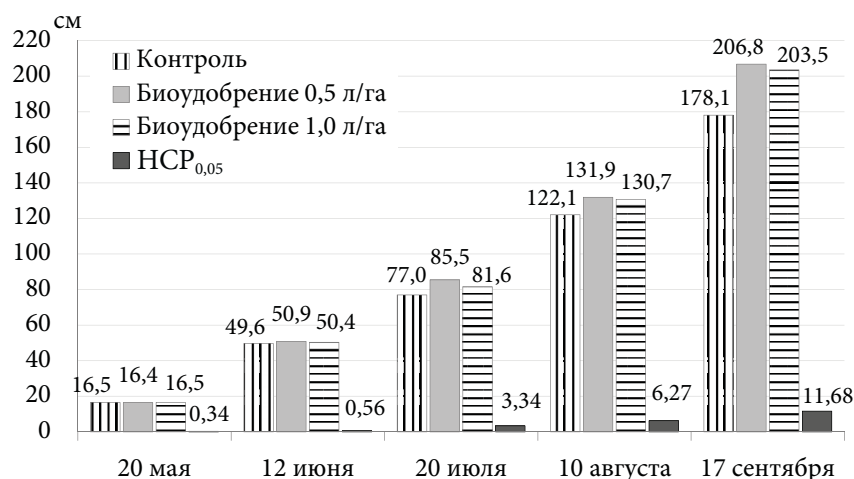


Рис. 1. Динамика роста побегов у растений винограда в зависимости от применения биоудобрения некорневым методом (ООО «Абрау-Дюрсо», сорт Мерло, 2022 г.)

Fig. 1. The dynamics of shoot growth in grape plants depending on the use of biofertilizer with foliar top dressing (Abrau-Durso LLC, 'Merlot' variety, 2022)

Таблица 1. Показатели плодородности побега
Table 1. Indicators of shoot fertility

Сорт	Вариант	2022 г.			2023 г.		
		количество		K_2	количество		K_2
		ПП, шт.	соцветий на куст, шт.		ПП, шт.	соцветий на куст, шт.	
Мерло	Контроль	27	33,7	1,21	27	32,6	1,20
	Обработки винограда биоудобрением						
	в дозе 0,5 л/г	28	34,5	1,23	28	35,3	1,26
	в дозе 1,0 л/г	27	34,3	1,22	-	-	-
	НСР _{0,05}	1,03	1,53		3,11	1,29	
Каберне Совиньон	Контроль	-	-	-	27	31,6	1,17
	Обработки винограда биоудобрением в дозе 0,5 л/г	-	-	-	28	34,6	1,24
	НСР _{0,05}				2,95	1,20	

В период исследований был проведен анализ физиологического состояния растений в летний период по показателям, характеризующим устойчивость винограда к абиотическим стрессам летнего периода, интенсивность синтетических и обменных процессов (анализировали индикаторные органы растения – листья средней части побега): содержание в листьях общей воды, свободной воды, водоудерживающая способность листьев (ВСЛ), содержание в листьях побегов зеленых пигментов, органических кислот, аминокислот, катионов.

Результаты анализа водного режима растений винограда сортов Мерло и Каберне Совиньон указывают на достаточную оводненность клеток листьев во всех вариантах опыта (табл. 2). Выявлены незначительные различия количества общей воды, зависящего от её поступления через корневую систему. При этом содержание свободной фракции воды в листьях выше у растений винограда сорта Мерло, обрабатываемых биоудобрением, на 38,6 % (2022 г.) и 17,9 %

Таблица 2. Содержание воды в листьях винограда в июле на фоне некорневых обработок биоудобрением на основе дигестата, %

Table 2. Water content in grape leaves in July against the background of foliar top dressing with digestate-based biofertilizer, %

Сорт	Вариант	2022 г.			2023 г.		
		общая вода	свобод. вода	ВСЛ	общая вода	свобод. вода	ВСЛ
Мерло	Контроль	74,8	7,0	21,1	80,3	11,7	47,7
	Обработки винограда биоудобрением в дозе 0,5 л/г	77,2	9,7	32,9	81,4	13,8	59,5
	НСР _{0,05}	1,28	2,39	1,40	0,85	1,34	1,64
Каберне Совиньон	Контроль	-	-	-	80,4	11,6	47,6
	Обработки винограда биоудобрением в дозе 0,5 л/г	-	-	-	81,0	11,9	49,2
	НСР _{0,05}	-	-	-	0,65	0,71	1,36

(2023 г.) в сравнении с вариантом «контроль», что позволяет предположить более высокий уровень активности биологических процессов. Более высокий уровень водообмена и устойчивости к негативным абиотическим факторам летнего периода предполагает оценка водоудерживающей способности листьев растений. Показатель ВСЛ у винограда сорта Мерло на фоне некорневых обработок стабильно превышал значения в контрольном варианте. Различия между вариантами по показателям водного режима у рас-

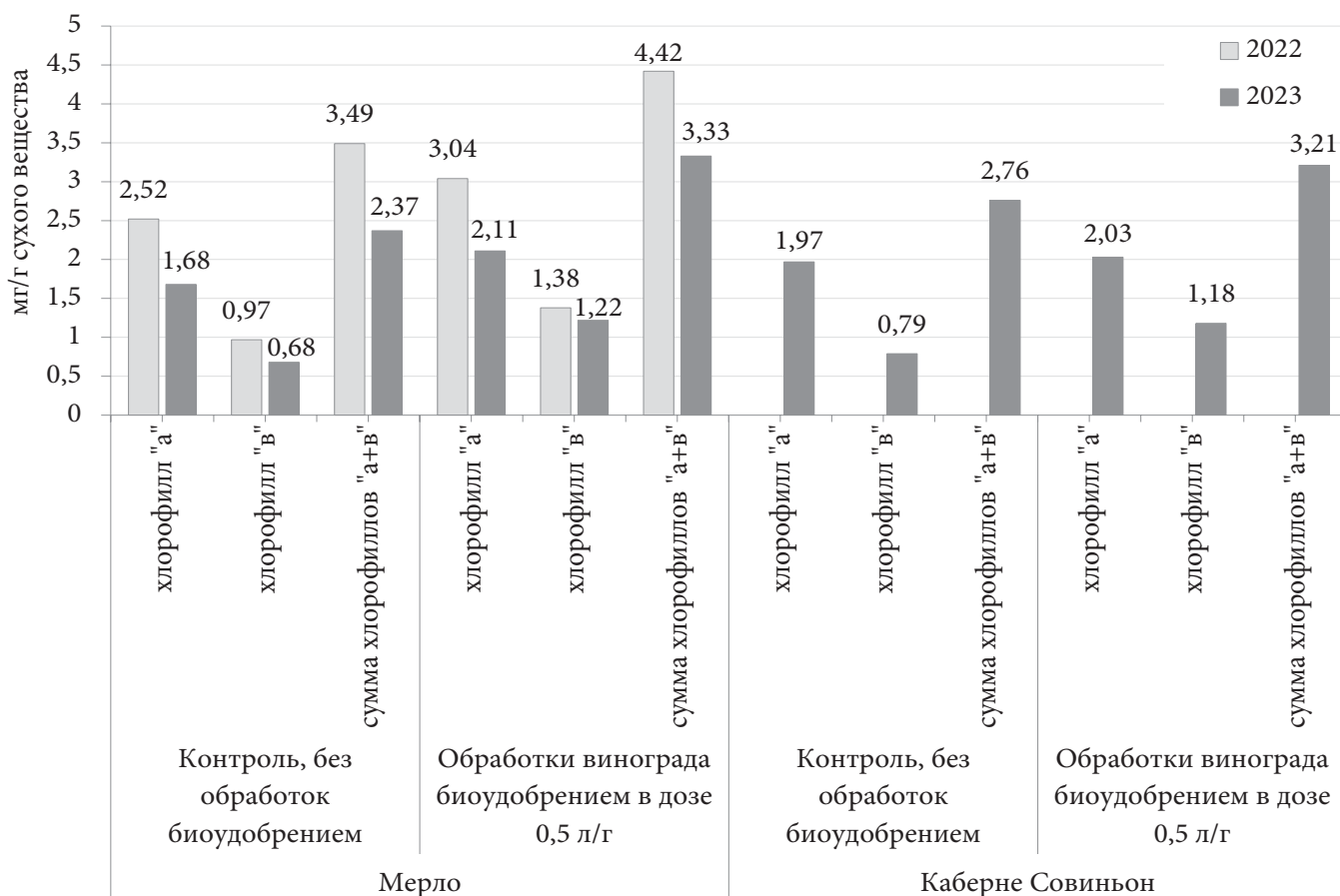


Рис. 2. Содержание хлорофиллов в листьях побегов винограда в июле в связи с некорневыми обработками растений биоудобрением

Fig. 2. The content of chlorophylls in the leaves of grape shoots in July due to foliar top dressing of plants with bio-fertilizer

тений винограда сорта Каберне Совиньон менее значимые. В результате статистической обработки данных была установлена довольно значимая линейная зависимость оводненности листьев от содержания в них катиона калия ($k=0,68-0,70$), количество которого на фоне некорневых обработок растений биоудобрением превышало значения показателя в контрольном варианте на 30–36 %.

В 2022–2023 гг. в июле и августе наблюдалась депрессия фотосинтеза у растений винограда на фоне дефицита влаги вследствие продолжительного отсутствия атмосферных осадков и высокой дневной температуры воздуха. В то же время пролонгированный характер действия биоудобрения способствовал более высокому содержанию зеленых пигментов в листьях побегов винограда (рис. 2).

Во второй декаде июля и в третьей декаде августа ежегодно анализировали содержание в листьях побегов физиологически активных органических кислот, фенольных соединений, легкоподвижной формы аминокислот. В результате химических анализов растительных образцов было установлено, что некорневые подкормки биоудобрением на основе дигестата оказали влияние на увеличение содержания в листьях важного метаболита – аскорбиновой кислоты, тесно связанной с ферментативной системой растений, участвующей в дыхательном газообмене ткани. Количество антиоксиданта в листьях растений винограда сортов Мерло и Каберне Совиньон возрастало в 2–4 раза в сравнении с вариантом «контроль», увеличивалось содержание винной кислоты более чем в 2 раза. Наиболее значительное влияние на содержание вторичных метаболитов в листьях некорневые подкормки оказали на растения винограда сорта Мерло. В 2022 г. содержание в листьях побегов яблочной кислоты увеличивалось в 3 раза, в 2023 г. – в 2 раза. У винограда сорта Каберне Совиньон в 2023 г. выявлено увеличение содержания винной и яблочной кислот в листьях под действием некорневых обработок на 38,1 и 80,0 % соответственно.

Ежегодно в августе наблюдалось увеличение в листьях винограда содержания фенольных соединений, косвенно подтверждающих повышение устойчивости к бактериальным и грибным заболеваниям, а также более интенсивное протекание процесса вызревания лозы. На фоне некорневых обработок биоудобрением наблюдалось некоторое увеличение в листьях свободных аминокислот: лейцина, валина, оказывающих влияние на ассимиляционную активность. Содержание осмопротектора пролина возрастало 1,5 раза и выше. Комплекс выявленных изменений метаболической активности растений свидетельствует о влиянии приема некорневой обработки на функциональное состояние винограда в неблагоприятных условиях среды, при этом специфика действия комплексного биоудобрения на основе дигестата заключается в пролонгированном действии на интенсивность обменных процессов.

Таблица 3. Хозяйственная продуктивность винограда на фоне некорневых обработок биоудобрением на основе дигестата
Table 3. Economic productivity of grapes against the background of foliar top dressing with digestate-based biofertilizer

Сорт	Вариант	Урожайность			
		2022 г.		2023 г.	
		с куста, кг	с 1 га, т	с куста, кг	с 1 га, т
Мерло	Контроль	4,7	10,33	5,3	11,78
	Обработки винограда биоудобрением				
	в дозе 1,0 л/г	5,2	11,44	-	-
	в дозе 0,5 л/г	5,2	11,50	6,8	15,11
	НСР _{0,05}	0,31	1,17	0,61	1,25
Каберне Совиньон	Контроль			4,9	10,89
	Обработки винограда биоудобрением в дозе 0,5 л/га	-	-	5,8	12,91
	НСР _{0,05}			0,25	1,10

Учеты фактической урожайности винограда, проведенные в период уборки в 2002–2023 гг., позволили установить преимущество варианта с некорневыми обработками растений комплексным биоудобрением (табл. 3).

Анализируя ежегодно в полевых условиях массу грозди винограда, как одного из основных показателей, характеризующих продуктивность растений, установили положительное влияние приема некорневой обработки: в 2022 г. средняя масса грозди винограда сорта Мерло была выше, чем в контрольном варианте на 8,7 % (доза удобрения – 0,5 л/га) и 8,9 % (доза удобрения – 1,0 л/га), в 2023 г. – выше на 23,5 % (доза удобрения – 0,5 л/га); масса грозди винограда сорта Каберне Совиньон в 2023 г. – выше на 7,3 % (доза удобрения – 0,5 л/га). По данным визуальных наблюдений в динамике преимущество формировалось в период развития грозди от начала созревания винограда до остановки физического роста ягод, достижения технической и полной зрелости за счет более плотного расположения ягод в грозди.

Существенный рост урожайности на фоне применения биоудобрения и более высокие товарные качества винограда сорта Мерло обеспечили в среднем за 2022–2023 гг. прибыль от продаж в размере 695,6 тыс. руб./га, что на 35 % выше в сравнении с контрольным вариантом при рентабельности производства 62,6 % (52,2 % в контрольном варианте). Прибыль от продаж винограда сорта Каберне Совиньон составила в 2023 г. 664,6 тыс. руб./га (на 31,2 % выше, чем на контроле) при рентабельности производства 60,9 % (51,9 % в контрольном варианте).

Выводы

На основании проведенных исследований по изучению эффективности в ампелоценозе биоорганического преобразованного дигестата, полученного в результате анаэробного сбраживания отходов молоч-

ной промышленности в биогазовой установке, можно рассматривать некорневое применение препарата, как способ оптимизации условий возделывания культуры винограда, повышения устойчивости растений на фоне негативного действия физических факторов летнего периода, активации ассимиляционных и метаболических процессов, повышения урожайности и товарного качества получаемой продукции. Системное использование в условиях региона комплексного биоудобрения в ампелоценозе для снижения химической нагрузки на почву и растения за счет рационального применения физиологически активного органического препарата, увеличения объема доступных органических веществ и предоставления долговременного источника питательных веществ, сокращения использования синтетических агрохимикатов, можно также рассматривать как специальный прием биологизированного агропроизводства, обладающего достаточно высокой биологической, экологической и экономической эффективностью.

Источник финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания НИР № 221040700125-8.

Financing source

The work was conducted under public assignment No. 221040700125-8.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Воробьева Т.Н., Петров В.С., Якуба Ю.Ф., Прах А.В., Нудьга Т.А., Филимонов М.А., Суржикова С.В. Закономерности агробиологического и эколого-токсикологического функционирования компонентов экосистемы ампелоценозов // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2015;7:195-201.
2. Воробьева Т.Н., Петров В.С., Ветер Ю.А. Биологизированные методы управления плодородием почвы интенсивных виноградников // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2016;11:84-88.
3. Mirzaei M., Marofi S., Solgi E., Abbasi M., Karimi R., Bakhtyari H.R.R. Ecological and health risks of soil and grape heavy metals in long-term fertilized vineyards (Chaharmahal and Bakhtiari province of Iran). *Environmental Geochemistry and Health*. 2020;42(9):27-43. DOI 10.1007/s10653-019-00242-5.
4. Белаш Д.Ю., Левченко С.В., Бойко В.А., Романов А.В. Оценка влияния внекорневой подкормки препаратом «Алга Супер» на показатели продуктивности и качества винограда // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2021;23(1):27-31. DOI 10.35547/IM.2021.28.40.004.
5. Бойко В.А., Левченко С.В., Белаш Д.Ю. Разработка системы применения препарата «Лигногумат» и оценка ее влияния на показатели продуктивности и качества винограда и плодовых культур // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2019;21(1):31-35.
6. Клименко Н.Н. Влияние приемов биологизации на микробоценоз виноградника // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2020;22(3):221-224. DOI 10.35547/IM.2020.

22.3.007.

7. Белько В.В. Использование органического осадка биогазовых технологий // Материалы Международной научно-практической конференции. Тула: ТГУ. 2023:286-289.
8. Бредихин В.П., Темникова Я.И., Голотова И.В. Переработка навозных стоков свиноводческих комплексов на биогазовых станциях с целью получения высокоэффективных органических биоудобрений // Отходы, причины их образования и перспективы использования: сб. научных трудов по материалам Международной научной экологической конференции. 2019:505-508.
9. Иовик Л.Н. Использование сброженного отхода биогазовой установки в качестве органического удобрения (аналитический обзор) // Почвоведение и агрохимия. 2015;1(54):230-237.
10. Фадеева Н.А., Ларионов Г.А., Щипцова Н.В. Применение отходов биогазовой установки в сельском хозяйстве // Естественные и технические науки. 2019;5(131):97-98.
11. Howell C.L., Hoogendijk K., Myburgh P.A., Lategan V. An assessment of treated municipal wastewater used for irrigation of grapevines with respect to water quality and nutrient load. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 2022;43(2):168-179. DOI 10.21548/43-2-5466.
12. Voča N., Bilandžija N., Peter A., Šurić J., Krička T. Potential of biogas generation from processing grape by-products. *Actual Tasks on Agricultural Engineering, Proceedings of the 48th International Symposium*. 2021:435-443. DOI 10.5555/20210265049.
13. Koç B., Bellitürk K., Çelik A., Baran M.F. Effects of vermicompost and liquid biogas fertilizer application on plant nutrition of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Erwerbs-Obstbau*. 2021;63:89-100. DOI 10.1007/s10341-021-00586-2.
14. Kaira W.M., Kimpiab E., Mpofo A.B., Holtman G.A. Anaerobic digestion of primary winery wastewater sludge and evaluation of the character of the digestate as a potential fertilizer. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2023;13(12):11245-11257. DOI 10.1007/s13399-022-03087-8.
15. Da Ros C., Cavinato C., Pavan P., Bolzonella D. Winery waste recycling through anaerobic co-digestion with waste activated sludge. *Waste Management*. 2014;34(11):2028-2035. DOI 10.1016/j.wasman.2014.07.017.
16. Петров В.С., Алейникова Г.Ю., Марморштейн А.А. Методы исследований в виноградарстве. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ. 2021:1-147.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс. 2014:1-352.
18. Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству. Краснодар: СКЗНИИСиВ. 2010:271-295.

References

1. Vorobyova T.N., Petrov V.S., Yakuba Yu.F., Prakh A.V., Nudga T.A., Filimonov M.A., Surzhikova S.V. Regularities of agrobiological and ecological-toxicological functioning of components of ampelocenosis ecosystem. *Scientific Publications of FSBSI NCFSCHVW*. 2015;7:195-201 (*in Russian*).
2. Vorobyova T.N., Petrov V.S., Veter Yu.A. Biologized methods of control of soil fertility of intensive vineyards. *Scientific Publications of FSBSI NCFSCHVW*. 2016;11:84-88 (*in Russian*).
3. Mirzaei M., Marofi S., Solgi E., Abbasi M., Karimi R., Bakhtyari H.R.R. Ecological and health risks of soil and grape heavy metals in long-term fertilized vineyards (Chaharmahal and

- Bakhtiari province of Iran). *Environmental Geochemistry and Health*. 2020;42(9):27-43. DOI 10.1007/s10653-019-00242-5.
4. Belash D.Yu., Levchenko S.V., Boiko V.A., Romanov A.V. Evaluation of the effect of foliar treatment with "Algae Super" preparation on the productivity and quality indicators of grapes. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2021;23(1):27-31. DOI 10.35547/IM.2021.28.40.004 (in Russian).
 5. Boiko V.A., Levchenko S.V., Belash D.Yu. Development of a system for application of lignohumate preparation, and its impact assessment on productivity and quality indices of grapes and fruit crops. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2019;21(1);31-35 (in Russian).
 6. Klimenko N.N. Influence of biologization approaches on the microbiota of the vineyard. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2020;22(3):221-224. DOI 10.35547/IM.2020.22.3.007 (in Russian).
 7. Belko V.V. The use of organic sludge of biogas technologies. Materials of the International scientific and practical conference. Tula: TSU. 2023:286-289 (in Russian).
 8. Bredikhin V., Temnikova Y., Golotova I. Pig slurry processing at biogas plants to obtain highly efficient organic biofertilizers. Waste, the causes of their formation and prospects for use: a collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific Environmental Conference. Krasnodar: KubSAU. 2019:505-508 (in Russian).
 9. Iovik L.N. The use of fermented waste from a biogas plant as an organic fertilizer (analytical review). *Soil Science and Agrochemistry*. 2015;1(54):230-237 (in Russian).
 10. Fadeeva N.A., Larionov G.A., Shchiptsova N.V. The use of waste biogas plants in agriculture. *Natural and Technical Sciences*. 2019;5(131):97-98 (in Russian).
 11. Howell C.L., Hoogendijk K., Myburgh P.A., Lategan V. An assessment of treated municipal wastewater used for irrigation of grapevines with respect to water quality and nutrient load. *South African Journal of Enology and Viticulture*. 2022;43(2):168-179. DOI 10.21548/43-2-5466.
 12. Voća N., Bilandžija N., Peter A., Šurić J., Krička T. Potential of biogas generation from processing grape by-products. *Actual Tasks on Agricultural Engineering, Proceedings of the 48th International Symposium*. 2021:435-443. DOI 10.5555/20210265049.
 13. Koç B., Bellitürk K., Çelik A., Baran M.F. Effects of vermicompost and liquid biogas fertilizer application on plant nutrition of grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Erwerbs-Obstbau*. 2021;63:89-100. DOI 10.1007/s10341-021-00586-2.
 14. Kaira W.M., Kimpiab E., Mpofu A.B., Holtman G.A. Anaerobic digestion of primary winery wastewater sludge and evaluation of the character of the digestate as a potential fertilizer. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2023;13(12):11245-11257. DOI 10.1007/s13399-022-03087-8.
 15. Da Ros C., Cavinato C., Pavan P., Bolzonella D. Winery waste recycling through anaerobic co-digestion with waste activated sludge. *Waste Management*. 2014;34(11):2028-2035. DOI 10.1016/j.wasman.2014.07.017.
 16. Petrov V.S., Aleynikova G.Yu., Marmorstein A.A. Research methods in viticulture. Krasnodar: FSBSI NCFSCHVW. 2021:1-147 (in Russian).
 17. Dospekhov B.A. Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results. M.: Alliance. 2014:1-352 (in Russian).
 18. Methodological and analytical support for horticulture research. Krasnodar: NCZSRH&V. 2010:271-295 (in Russian).

Информация об авторах

Александр Андреевич Красильников, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах; e-мэйл: akrasilnikov@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4545-7448>;

Дмитрий Эдуардович Руссо, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах; e-мэйл: dmitriyrusso@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1197-0232>.

Information about authors

Alexander A. Krasilnikov, Cand. Agric. Sci., Senior Staff Scientist, Laboratory of Reproduction Management in Ampelocenoses and Ecosystems; e-mail: akrasilnikov@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4545-7448>;

Dmitry E. Russo, Cand. Agric. Sci., Senior Staff Scientist, Laboratory of Reproduction Management in Ampelocenoses and Ecosystems; e-mail: dmitriyrusso@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1197-0232>.

Статья поступила в редакцию 26.08.2024, одобрена после рецензии 10.10.2024, принята к публикации 20.11.2024.

Перспективы увеличения технического ресурса культиваторных лап при обработке почвы в междурядьях виноградников

Горобей В.П.^{1✉}, Москалевич В.Ю.², Лотуга Н.А.¹, Карпенко С.Н.³, Легостаев С.В.³

¹Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, г. Ялта, Республика Крым, Россия;

²Агротехнологическая академия ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», п. Аграрное, Республика Крым, Россия;

³ООО «Качинский+», г. Севастополь, Россия.

✉Sector.simf23@yandex.ru

Аннотация. Исследования проводились сектором разработки и исследований макетных и экспериментальных технологических установок ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» совместно с кафедрой технических систем в агробизнесе Агротехнологической академии ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» в полевых условиях ООО «Качинский+» с использованием общепринятых подходов и методов исследований почвообрабатывающих машин. Изучали увеличение технического ресурса культиваторных лап на культиваторе КНВ-3 с установленными синхронно базовыми тремя стрельчатыми лапами с дополнительной экспериментальной точечной наплавкой на рабочую поверхность лезвий, агрегатированным с трактором МТЗ-952 с июня 2023 г. по июнь 2024 г. Обработано около 630 га междурядий технических сортов винограда. Обоснована принципиальная возможность трёхкратного увеличения ресурса культиваторных лап износостойкой наплавкой в соответствии с предлагаемыми техническими решениями.

Ключевые слова: виноградники; междурядья; почва; культивация; лапа; параметры; технические решения; наплавка; износостойкость; ресурс.

Для цитирования: Горобей В.П., Москалевич В.Ю., Лотуга Н.А., Карпенко С.Н., Легостаев С.В. Перспективы увеличения технического ресурса культиваторных лап при обработке почвы в междурядьях виноградников // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):349-356. EDN GQYAQC.

Prospects for increasing the technical life of cultivator sweeps when cultivating soil between rows in the vineyards

Gorobey V.P.^{1✉}, Moskaevich V.Yu.², Lotuga N.A.¹, Karpenko S.N.³, Legostaev S.V.³

¹All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russia;

²Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Agrarnoye village, Republic of Crimea, Russia;

³LLC Kachinskiy+, Sevastopol, Russia.

✉Sector.simf23@yandex.ru

Abstract. The research was carried out by the Sector of Development and Research of Model and Experimental Technological Installations of the FSBSI Institute Magarach of the RAS in cooperation with the Department of Technical Systems in Agribusiness of the Agrotechnological Academy of the FSBI HE CFU named after V.I. Vernadsky in the field conditions of LLC Kachinskiy+ using generally accepted approaches and methods to study the working parts of soil-cultivating machines. We studied the increase in the technical service life of cultivator sweeps on the KNV-3 cultivator with three pointed sweeps installed synchronously with the base one, with additional experimental point surfacing on the working surface of a double-sided knife, aggregated with the MTZ-952 tractor from June 2023 to June 2024. About 630 hectares of row spacing of wine grape varieties were processed. The possibility in principle of up to a threefold increase in the service life of cultivator sweeps using wear-resistant surfacing in accordance with the proposed technical solutions was substantiated.

Key words: vineyards; row spacing; soil; cultivation; sweep; parameters; technical solutions; surfacing; wear resistance; resource.

For citation: Gorobey V.P., Moskaevich V.Yu., Lotuga N.A., Karpenko S.N., Legostaev S.V. Prospects for increasing the technical life of cultivator sweeps when cultivating soil between rows of vineyards. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):349-356. EDN GQYAQC (in Russian).

Введение

В целях обеспечения успешного развития виноградарства во всех регионах, где культивируется эта культура, для борьбы с сорной растительностью и сохранения влаги в почве в весенне-летний период осуществляется проведение 4–6 культиваций междурядий виноградников на разной глубине. Глубина культиваций зависит от степени увлажнения и засоренности почвы. При нормальных условиях увлаж-

нения, отсутствии сильных ветров, а также сильном развитии сорняков глубина культивации увеличивается до 10–12 см. Если весеннее чизелевание не было проведено, первая культивация должна быть глубиной 12–15 см, а последующие рыхления мелче: 12, 10, 8, 6 и 4 см [1].

Культиваторы для сплошной обработки почвы комплектуют полочными и рыхлительными лапами. Полочные лапы предназначены для уничтожения сорных растений в результате перерезания корней на глубине 6–10 см, а иногда на глубине 25 см. Ширина захвата стрельчатых лап не должна превышать

апробированных практикой размеров: для клейких глинистых почв – до 35 см, для супесчаных – до 45 см. Ширину крыла лапы делают уменьшающейся к концу. Минимальная ширина крыла – от 30 до 50 мм, максимальная – полторы величины минимальной [2].

Анализ развития мобильных энергетических средств (тракторов, комбайнов, автомобилей) свидетельствует о том, что при относительно высоком уровне совершенствования отдельных узлов и систем (двигателя, трансмиссии, гидравлического оборудования) их ходовая часть не претерпела существенных изменений, тяговые качества повышаются главным образом за счет увеличения их массы и в меньшей степени – благодаря совершенствованию сцепных качеств их ходовой системы. Ученые и специалисты основной причиной уплотнения почвы считают механическое воздействие ходовой системы тракторов, комбайнов, почвообрабатывающих машин, средств для внесения в почву удобрений и др. [3]. Для борьбы с чрезмерным уплотняющим воздействием на почву движителей сельскохозяйственных тракторов и машин было предложено и исследовано большое число конструктивных решений и технологических приемов [4–8].

К основным показателям, характеризующим уплотнение почвы, обычно относят объемную массу, порозность (общую капиллярную и некапиллярную) и твердость почвы. Из-под колес трактора влага уходит в боковые слои и больше не возвращается, поскольку значительная остаточная деформация по глубине увеличивает объем пор, занятых недоступной для растений влагой. Удельное сопротивление обработке на глубину 20–22 см по следам гусеничных и легких колесных тракторов выше на 12–25 % в сравнении с сопротивлением вне следов. Было установлено, что уплотнение почвы по следу трактора приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур на 5–40 % [3]. Многочисленные испытания серийных рабочих органов почвообрабатывающих машин показывают, что их долговечность не достаточна, они имеют ограниченный ресурс, который для лап культиваторов составляет 7–18 га [9].

На современном этапе развития техники растут требования к производительности машин, их экономичности и качеству работы. С этими требованиями наиболее тесно связаны задачи повышения износостойкости и долговечности режущих деталей – ножей. Режущая способность лезвия меняется в процессе его использования, поскольку вследствие износа меняется его острота и угол заточки. Непосредственная связь существует также между износостойкостью и долговечностью лезвия. Ущерб, наносимый низкой износостойкостью и долговечностью режущих элементов, зачастую неизмеримо выше стоимости их замены, что подчеркивает исключительную актуальность работ по повышению износостойкости и долговечности режущих элементов [10].

Упрочнение почвообрабатывающих рабочих органов, в последнее время, осуществляется как в серийном производстве, так и в специализированных

зарубежных фирмах. Установлено, что износостойкость упрочненных рабочих органов машин, эксплуатируемых в абразивной среде, увеличивается в среднем в 2,0–2,5 раза. Для защиты рабочих органов от износа при работе в высоко абразивной среде разрабатываются покрытия, увеличивающие срок службы изделий в два-три раза. В смесь таких покрытий включаются металлические порошки, карбиды и связующие вещества [11–14].

Известен ряд других технических решений для увеличения технического ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин [15, 16], в том числе за счет снижения интенсивности трения контактного слоя почвы, обладающего демпфирующей способностью в условиях ударных нагрузок при минимальных затратах на материалы и электроэнергию [17, 18], и распространения технологических методов увеличения ресурса рабочих органов машин, направленных на упрочнение их поверхностей без изменения конструкции [19–22].

Показано, что износостойкость лемехов, лап, дисков путем плазменной дуговой наплавки твердыми сплавами в среде сжатого воздуха увеличивается в 1,8–5 раз (в отдельных случаях до 7 раз), ресурс и прочностные характеристики повышаются до 1,5–1,8 раза [23]. Повышенную наработку до предельного состояния (32 га) имеют лемеха, подвергнутые точечному упрочнению с армированием в области вероятного лучевидного износа с увеличением стойкости электродами Т-590, что обусловлено высокой твердостью (58–62 HRC) поверхности наплавленного металла [24]. Вибродуговая наплавка с применением металлокерамики, позволяющая значительно повысить твердость и износостойкость рабочих органов, отмечалась как перспективный способ упрочнения и повышения ресурса лап культиваторов в 1,8–2,0 раза [13]. Для обеспечения долговечности и работоспособности стрельчатых культиваторных лап предложено их изготавливать из стали 65ХС вместо 65Г, а носовую часть упрочнять накладными элементами в виде брусков, что позволит повысить их ресурс по сравнению с простой наплавкой лезвийной части крыльев не менее чем в 2 раза. Предложено также для лап культиваторов в виде базового обоснованного по работоспособности и цене варианта в качестве материала основы – сталь 30ХГСА, а упрочняющего серийного твердого сплава – ПГФБХ-6-2 [9, 25]. Для упрочнения почвообрабатывающих ножей предложен перспективный способ, включающий нанесение на поверхность основания износостойкого материала, который наплавляют на рабочую поверхность двустороннего ножа валиками в форме попарно соприкасающихся окружностей диаметром, равным $\frac{3}{4}$ ширины ножа, центры которых располагают на общей линии, проходящей через середину ширины ножа [26, 27].

Цель исследования – повышение эффективности обработки междурядий виноградников путем увеличения технического ресурса культиваторных лап при обработке почвы, снижение энергетических затрат на культивацию, повышение производительности и экс-

платационной надежности машины при расширении технологических возможностей разноглубинной культивации почвы в весенний, осенний и вегетационный периоды.

Материалы и методы исследований

Исследования по увеличению технического ресурса культиваторных лап проводились на культиваторе КНВ-3 производства ООО «Завод «Полигон», предназначенном для обработки почвы на виноградниках с шириной междурядий до трех метров, расположенных на равнине и пологих склонах. КНВ-3 является усовершенствованной конструкцией одной из самых распространенных машин для культивации и рыхления почвы в междурядьях молодых и плодоносящих виноградников «Виноградарь» ПРВН-2,5А. Культиватор обеспечивает культивацию междурядий в том числе с межкустовой обработкой, а также возможно переоснащение культиватора малоэнергоемкими рабочими органами для удаления холма в ряду. КНВ-3 агрегируется с тракторами класса 9–20 кН, оборудованными гидросистемой, производительность которой не менее 35 л/мин.

Основные технические характеристики КНВ-3:

- производительность за 1 час основного рабочего времени по операциям при обработке междурядий – 1,5–1,8 га/ч;
- рабочая скорость на операции культивации междурядий – до 7 км/ч;
- глубина обработки – 8–12 см;
- масса культиватора, конструктивная – 775 кг;
- обслуживающий персонал – 1 чел.

На раме культиватора с расстановкой семи рабочих органов (с одним впереди и по три боковые, образующие треугольники, обрабатывающие почву в междурядьях различного уплотнения) для междурядной обработки почвы в междурядьях виноградников, с раствором лап 400 мм, имеющих заводскую гладкую твердосплавную наплавку «сормайт» на лезвиях с верхней стороны и носка с нижней стороны были установлены три стрельчатые лапы (образующие треугольник) с дополнительной экспериментальной точечной наплавкой лезвийных поверхностей по предлагаемому способу [26, 27] прерывистой износостойкой наплавкой порошковой проволокой ПП-ЗСМ-022/1-Т(Н)-С-2,0 с помощью сварочного полуавтомата ПИОНЕР-5000 в среде углекислого газа с верхней стороны и носовой части с нижней стороны.

Культиватором, агрегированным с трактором МТЗ-952 и экспериментальной комплектацией рабочих органов для обработки междурядий виноградников ООО «Качинский+», полевые исследования проводились с 9 июня 2023 г. по 5 июня 2024 г. Обработано около 630 га технических сортов винограда. Произведена трехкратная культивация междурядий кв. 58 Пино черный – 49,4 га; кв. 102 Рислинг рейнский – 36,6 га и трехкратная культивация междурядий маточников подвойных лоз винограда – 86 га, в том числе:

- Кобер 5ББ клон М45; клон 114; клон М54;
- Феркаль клон 242;

- Польсен 1103 клон 768;
- СО4 клон Е1;
- Руджри 140 клон 265.

Условия проведения испытаний: почвы коричневые слабо- и среднеэродированные слабогалечниково-тяжелосуглинистые среднекаменистые на суглинисто-галечниковых отложениях с глубины 60–80 см; мощность гумусового горизонта составляет 30–40 см; влагопроницаемость почв повышенная, влагоёмкость низкая; степень каменистости почв средняя. По механическому составу, обусловленному двумя крайними фракциями частиц: глинистыми и щебнем, верхние горизонты коричневых почв отличаются определенной скелетностью: наличие крупного хряща и камней достигает здесь почти 20 %, а сумма крупнозема – до 35 %, а также по известным литературным данным исследователей являются лучшими почвами южного склона для культуры винограда.

Геометрические параметры культиваторных лап измеряли штангенциркулем, взвешивали – на весах DigiDS-788 и замеряли твердость их поверхности с помощью универсального твердомера NOVOTEST T, объемную массу (плотность) почвы определяли с помощью цилиндра по стандартной методике согласно ГОСТ 20915–2011.

Алгоритм обобщения данных, полученных в результате измерений размеров при наступлении предельного состояния по износу лап (расположенных на исходном треугольнике для сравнения), которое определялось согласно методике ВИСХОМ (Тененбаум М.М., Кауфман С.М. Методика установления предельных состояний рабочих органов почвообрабатывающих машин. М.: ВИСХОМ. 1985:1-33), а также деформационного показателя почвы, её твердости и плотности, выполнен и работает в табличном процессоре EXCEL с использованием математических выражений для расчёта интенсивности линейного и весового изнашивания.

Результаты и их обсуждение

Проверка эффективности способов повышения износостойкости и ресурса культиваторных лап, серийно изготавливаемых в заводских условиях и экспериментальных, доработанных по предлагаемым техническим решениям, проводилась при выполнении регламентных культиваций междурядий виноградных насаждений.

Деформационный показатель в обрабатываемых междурядьях маточников подвойных лоз (рис. 1, А) и плодоносящих виноградников (рис. 1, Б) составил соответственно $3,46 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{Н}$ и $4,75 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{Н}$. При этом значение деформационного показателя в зоне следов проходов энергетических средств в обрабатываемых междурядьях плодоносящих виноградников составило $2,07 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{Н}$. Установлены значения плотности почвы: в междурядьях маточников – $1,29 \text{ г}/\text{см}^3$, в междурядьях плодоносящих виноградников – $1,22 \text{ г}/\text{см}^3$ (рис. 1, В). Плотность почвы в зоне следов проходов энергетических средств в междурядьях виноградников составила $1,33 \text{ г}/\text{см}^3$.

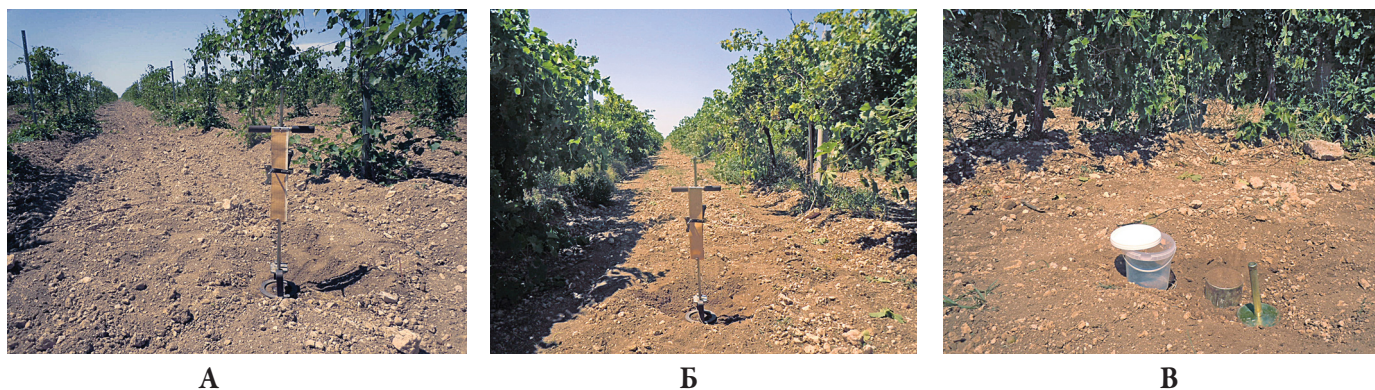


Рис. 1. Общий вид приборов для измерения деформационного показателя и твердости почв в междурядьях: А – для маточников подвойных лоз; Б – для плодоносящих виноградников; В – для плотности почв

Fig. 1. General view of the instruments for measuring the deformation index and soil strength between rows: a – for nurseries of rootstock vines; b – for fruit-bearing vineyards; c – for soil density



Рис. 2. Общий вид культиватора КНВ-3 в сборе, задействованного для изучения технического ресурса рабочих органов: А – вид спереди; Б – вид сбоку

Fig. 2. General view of the assembled KNV-3 cultivator, used to study the technical life of the working parts: a – front view; b – side view

По результатам измерений деформационного показателя почвы в междурядьях виноградников модифицированным прибором на базе твердомера Ю.Ю. Ревякина ниже взрыхленного слоя значение данного показателя в зоне следов проходов энергетических средств уменьшается более чем в 2,2 раза. Одновременно плотность почвы, рассчитанная по пробам, отобранным цилиндром в междурядьях виноградников по вышеприведенной схеме, свидетельствует о её увеличении в зоне следов проходов энергетических средств.

Испытания лап выполняли на культиваторе КНВ-3, общий вид которого представлен на рис. 2.

Схема установки рабочих органов культиватора КНВ-3, расположенных в три ряда, в том числе шести исследуемых, задействованных для обработки уплотненной почвы по следам колес трактора, из них по три базовых и экспериментальных, установленных позади передней в форме треугольника: по лапе Л1Б и Л1Э во втором ряду и по две – в третьем Л2Б, Л3Б и Л1Э, Л2Э (рис. 3).

Упрочняющая наплавка на поверхность лезвий

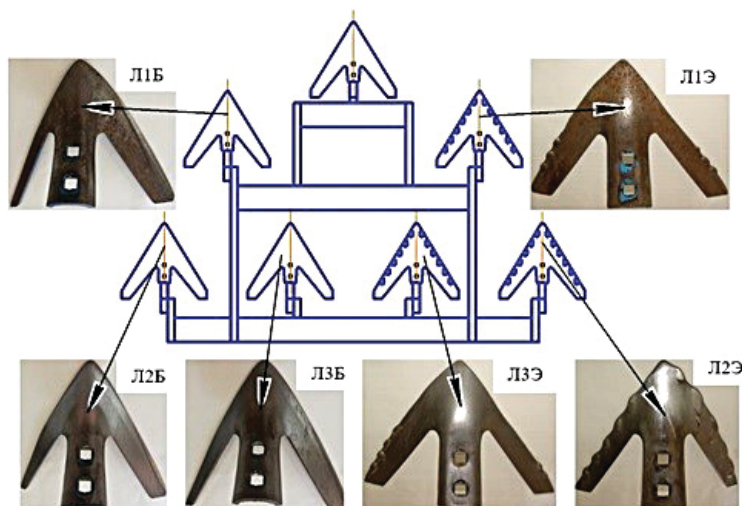


Рис. 3. Схема синхронной расстановки базовых и экспериментальных (с точечной наплавкой) лап на раме культиватора КНВ-3, совмещенная с общим видом исследуемых лап по результатам испытаний

Fig. 3. Scheme of synchronous spacing of basic and experimental sweeps (with point surfacing) on the frame of the KNV-3 cultivator, combined with a general view of the sweeps under study based on test results

исходных лап для установки культиватора по схеме в соответствии с рис. 3 выполнена по вышеописанной

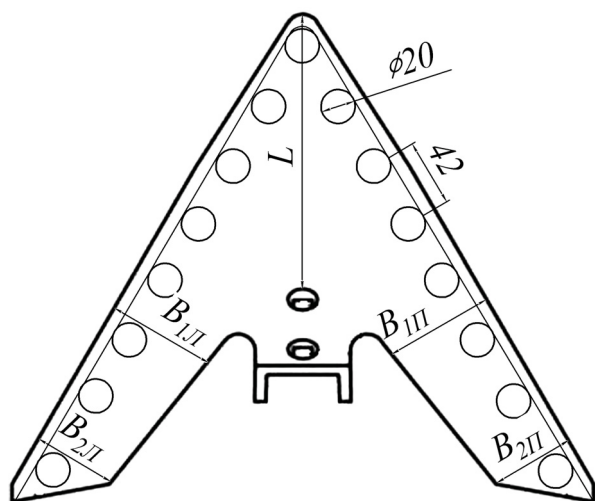


Рис. 4. Схема определения расчетных параметров лап, установленных на КНВ-3 для экспериментальных исследований

Fig. 4. Scheme for determining the design parameters of sweeps installed on the KNV-3 for experimental studies

методике. В соответствии с рис. 4 наплавленные элементы диаметром 20 мм расположены вдоль режущих кромок лезвий с шагом 42 мм. Измерения значений твердости рабочих поверхностей лап показали: элементов износостойкой наплавки на экспериментальных лапах 59,0–60,5 HRC, лезвий крыльев базовых лап с наплавкой слоя «сормайт» 57–58 HRC, основного материала базовых лап 35–37 HRC.

Экспериментальные лапы выводились из эксплуатации одновременно с установленной синхронно ей базовой лапой, пришедшей в состояние предельной изношенности. В производственной практике культивации междурядий виноградников замену лап осуществляют при уменьшении ширины крыла до 20 мм. Более детальные результаты физических параметров исследуемых лап получали соответственно схеме, приведенной на рис. 4.

Для характеристики процесса изнашивания сравниваемых культиваторных лап определяли показатели интенсивности их весового и линейного изнашивания. Установленные параметры исходной (базовой) лапы составили: ширина захвата 400 мм, расстояние L от переднего крепёжного отверстия до крайней передней точки носка лапы 195 мм, ширина крыльев лапы у основания $V_1=65$ мм, в оконечности $V_2=50$ мм, масса лапы $M=3050$ г.

Измеренные значения параметров исследуемых лап (рис. 3), снятых по состоянию износа на замену:

– расстояние L : первой базовой лапы ($\Lambda_1Б$) – 125 мм, второй базовой лапы ($\Lambda_2Б$) – 138 мм, третьей базовой лапы ($\Lambda_3Б$) – 131 мм, первой экспериментальной лапы ($\Lambda_1Э$) – 133 мм, второй экспериментальной лапы ($\Lambda_2Э$) – 133 мм, третьей экспериментальной лапы ($\Lambda_3Э$) – 128 мм;

– ширина крыльев: левого у основания – $V_{1Л}$, левого у оконечности – $V_{2Л}$, правого у основания – $V_{1П}$, правого у оконечности – $V_{2П}$, в том числе:

– базовых лап:

($\Lambda_1Б$) $V_{1Л}=18$ мм, $V_{1П}=51$ мм, $V_{2Л}=17$,

$V_{2П}=48$ мм,

($\Lambda_2Б$) $V_{1Л}=33$ мм, $V_{1П}=47$ мм, $V_{2Л}=17$ мм,

$V_{2П}=47$ мм,

($\Lambda_3Б$) $V_{1Л}=27$ мм, $V_{1П}=47$ мм, $V_{2Л}=17$ мм,

$V_{2П}=42$ мм;

– экспериментальных лап:

($\Lambda_1Э$) $V_{1Л}=53$ мм, $V_{1П}=35$ мм, $V_{2Л}=48$ мм, $V_{2П}=43$ мм,

($\Lambda_2Э$) $V_{1Л}=45$ мм, $V_{1П}=37$ мм, $V_{2Л}=38$ мм, $V_{2П}=35$ мм,

($\Lambda_3Э$) $V_{1Л}=48$ мм, $V_{1П}=33$ мм, $V_{2Л}=45$ мм, $V_{2П}=41$ мм;

– масса M исследуемых лап:

$\Lambda_1Б$ – 1840 г, $\Lambda_2Б$ – 2004 г, $\Lambda_3Б$ – 1842 г,

$\Lambda_1Э$ – 2174 г, $\Lambda_2Э$ – 1920 г, $\Lambda_3Э$ – 1960 г

Обобщение полученных в ходе исследований значений вышеперечисленных параметров для определения технического ресурса культиваторных лап при обработке почвы в междурядьях виноградников выполнялось в следующем порядке. В связи со сложностью практического применения теоретических зависимостей, приведенных в специальных фундаментальных исследованиях [9, 23], по конструктивным параметрам исследуемых лап и физико-механическим свойствам почвы для однозначной интерпретации износостойкости рабочих органов использован эмпирический метод определения их технического ресурса.

Среднюю величину остаточного ресурса культиваторной лапы можно определить по формуле [28]:

$$\bar{T}_{\text{ост}} = \frac{U_{\text{пр}} - U_{\text{изм}}}{\bar{V}_{\text{и}}},$$

где $\bar{T}_{\text{ост}}$ – средняя величина остаточного ресурса культиваторной лапы; $U_{\text{пр}}$ – предельная величина износа культиваторной лапы, при которой проводится её выбраковка; $U_{\text{изм}}$ – величина износа культиваторной лапы к моменту измерения; $\bar{V}_{\text{и}}$ – средняя скорость изнашивания культиваторных лап.

По разнице соответствующих размеров и масс исходных и изношенных лап вычисляли величины, соответственно их линейного и весового износа. Среднюю интенсивность линейного изнашивания лап по ширине крыльев определяли делением величины линейного износа в миллиметрах на значение наработки лапы в гектарах. Аналогично среднюю интенсивность изнашивания лап по массе находили делением износа по массе на значение наработки лапы в гектарах.

Предельное состояние базовых лап, установленных в крайних левом и правом положениях во втором ряду культиватора, наступило при наработке культиватором 60 га, установленных в крайних левом и правом положениях на втором ряду культиватора – при наработке культиватором 195 га, установленных в средних положениях в третьем ряду культиватора – при расчётной наработке культиватором 600 га, что в пересчёте на одну лапу составило 8,57, 27,85 и 85,71 га соответственно.

Во всех базовых лапах ($\Lambda_1Б$), ($\Lambda_2Б$), ($\Lambda_3Б$), установленных за левым колесом трактора, на момент вы-

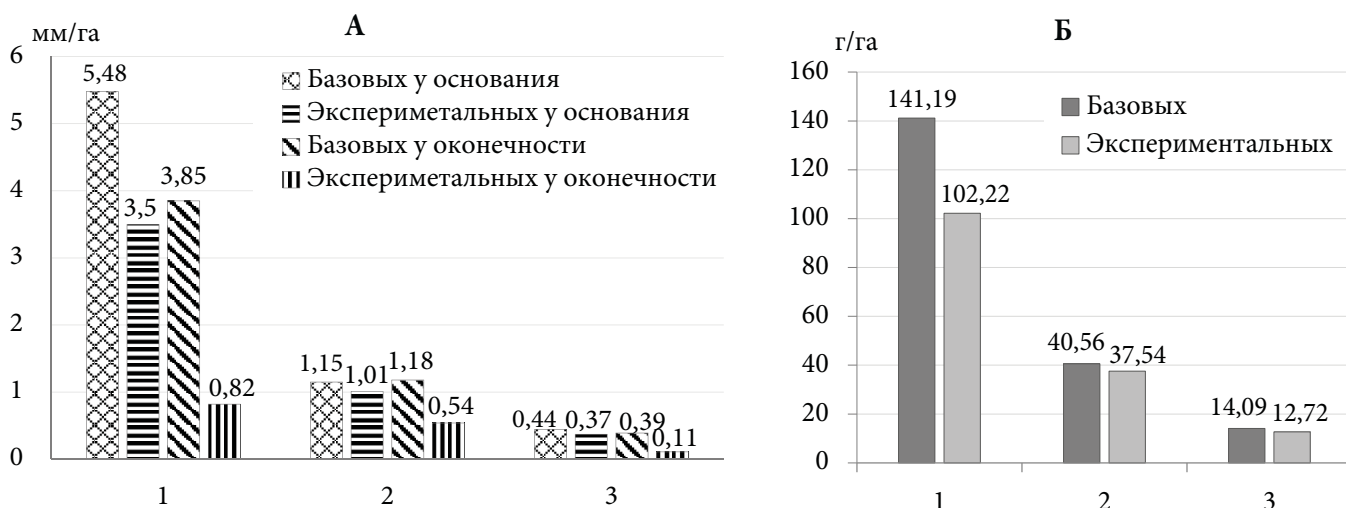


Рис. 5. Диаграммы: А – средняя интенсивность линейного изнашивания лап по ширине крыльев, Б – средняя интенсивность изнашивания лап по массе; 1 – во втором ряду; 2 – крайние в третьем ряду; 3 – средние в третьем ряду культиватора

Fig. 5. Diagrams: a – average intensity of linear wear of sweeps along the width of the wings, b – average wear intensity of sweeps by weight; 1 – in the second row; 2 – extreme ones in the third row; 3 – middle ones in the third row of the cultivator

браковки ширина у окончания левого крыла достигла 17 мм, а правого крыла – 48, 47, 42 мм соответственно. При этом на экспериментальных лапах (Λ1Э), (Λ2Э), (Λ3Э), установленных за правым колесом трактора ширина крыльев в аналогичных зонах составила: левого – 48, 38, 45 мм, правого – 43, 35, 41 мм.

При расчете ресурса культиваторных лап среднюю скорость их изнашивания определяли по формуле [28]:

$$\bar{V}_и = \frac{U_{изм}}{t_{изм}},$$

где $\bar{V}_и$ – средняя скорость изнашивания культиваторных лап; $U_{изм}$ – величина износа культиваторной лапы к моменту измерения; $t_{изм}$ – наработка лапы до момента измерения износа.

По результатам измерений и расчетов построены диаграммы средней интенсивности линейного изнашивания лап по ширине крыльев и средней интенсивности изнашивания лап по массе (рис. 5).

Из приведенных на рис. 5 диаграмм видно, что наибольшая интенсивность изнашивания наблюдается у лап, установленных во втором ряду культиватора за колёсами трактора, что объясняется тем, что эти лапы работают в уплотненной почве, значение деформационного показателя которой, как было установлено, в 2,2 раза отличается от его значения в середине междурядья. При этом крылья экспериментальных лапы имеют большую по сравнению с базовыми лапами износостойкость: у основания – в 1,57 раз, у окончания – в 4,7 раз. Интенсивность изнашивания по массе экспериментальных лап в 1,38 раза меньше, чем базовых.

Выводы

Согласно полученным результатам исследований, на момент выбраковки в результате износа культиваторных лап ширина у окончания наиболее износившихся крыльев экспериментальных лап в среднем в 2,56 раза превышала ширину крыльев базовых лап,

работающих в аналогичных по плотности почвы условиях. Поскольку при этом уменьшение ресурса экспериментальных лап составило не более 30 % от его исходного значения, то, принимая во внимание линейную зависимость величины износа культиваторных лап от их наработки, можно констатировать принципиальную возможность увеличения до трех раз ресурса культиваторных лап износостойкой наплавкой в соответствии с предлагаемыми техническими решениями.

Источник финансирования

Не указан.

Financing source

Not specified.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Алиев Г.А., Баширов Ф.Б., Благодрагов П.П., Гукасов А.И., Захарова Е.И. Книга виноградаря. М.: Сельхозгиз. 1959:1-631.
2. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроение.1977:1-328.
3. Черепанов Г.Г., Чудиновских В.М. Уплотнение пахотных почв и пути его устранения. М.: ВНИИТЭИагропром. 1987:1-58.
4. Шило И.Н., Романюк Н.Н., Крук И.С., Орда А.Н., Галимов Р.Р., Максимович К.Ю., Войнаш С.А., Лучинович А.А. Влияние параметров ходовых систем колесных машин на изменение плотности почвы // Тракторы и сельхозмашины. 2021;88(5):30-37. DOI 10.31992/0321-4443-2021-5-30-37.
5. Гайнуллин И.А. Экспериментальное исследование влияния скорости движения гусеничного трактора на уплотнение почвы // Международный научно-исследовательский журнал. 2017;3-4(57):29-31. DOI 10.23670/IRJ.2017.57.021.
6. Золотаревская Д.И. Исследование и расчет уплотнения почвы при работе и после остановки колесного трактора // Тракторы и сельхозмашины. 2016;8:33-38.

7. Романюк Н.Н., Крук И.С., Орда А.Н., Шкляревич В.А., Ракова Н.Л., Воробей А.С. Влияние ходовых систем тракторов на уплотнение почвы // *Агропанорама*. 2024;1(161):2-7. DOI 10.56619/2078-7138-2024-161-1-2-7.
8. Сыромятников Ю.Н. Пути снижения удельного давления колесных движителей на почву // *Сельское хозяйство*. 2017;4:95-103. DOI 10.7256/2453-8809.2017.4.26797.
9. Новиков В.С., Петровский Д.И. Повышение долговечности стрельчатых лап культиваторов // *Вестник ФГОУВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина»*. 2017;4(80):49-55.
10. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. М.: Машиностроение. 1975:1-311.
11. Измайллов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорoshenkov В.К., Кудря А.В. Повышение технических характеристик рабочих органов сельскохозяйственных машин // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2016;4:58-60.
12. Лялякин В.П., Соловьев С.А., Аулов В.Н. Состояние и перспектива упрочнения и восстановления деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами // *Труды ГОСНИТИ*. 2014;115:96-104.
13. Титов Н.В., Виноградов В.В., Петриков И.А. Повышение ресурса лап культиваторов вибродуговой наплавкой с применением металлокерамики // *Агротехника и энергообеспечение*. 2014;1(1):322-327.
14. Титов Н.В., Петриков И.А., Кондрахин Н.А. Применение метода карбовибродугового упрочнения для повышения ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин // *Агротехника и энергообеспечение*. 2015;1(5):130-137.
15. Евсюков А.И., Березин М.А. Упрочнение рабочих органов сельскохозяйственных машин методом электроискрового легирования // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2023;1-2(76):62-65. DOI 10.24412/2500-1000-2023-1-2-62-65.
16. Стребков С.В., Слободюк А.П., Бондарев А.В., Сахнов А.В. Упрочнение стрельчатых культиваторных лап электроискровым легированием // *Вестник АПК Ставрополя*. 2019;1(33):21-26. DOI 10.31279/2222-9345-2019-8-33-21-26.
17. Ожегов Н.М., Ружьев В.А., Губарев В.Д., Сулеев В.Д., Шахов В.А. Современные методы упрочнения дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019;2(76):95-98.
18. Горобей В.П. Технические решения для рыхления и культивации междурядий виноградников // *Автоматизированное проектирование в машиностроении*. 2024;16:26-29. DOI 10.26160/2309-8864-2024-16-26-29.
19. Степанов М.В., Трушина Л.Н., Лазарь В.В. Анализ способов повышения работоспособности лап культиваторов // *Наука без границ*. 2020;1(41):54-58.
20. Тулаганова Л.С., Жураева Г.Ш. Повышения износостойкости и долговечности рабочих органов культиваторов // *Механика в технологиях илмий журналы*. 2021;4(5):57-63.
21. Шмыков С.Н., Ипатов А.Г., Новикова Л.Я. Эффективность различных способов восстановления и упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин на примере стрельчатой лапы культиватора // *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022;1(69):64-71. DOI 10.48012/1817-5457_2022_1_64.
22. Рожков А.С., Архипов В.В., Рякин Н.С., Черток М.Е. Совершенствование элементов технологии упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин // *E-SCIO*. 2017;7(10):37-43.
23. Сидоров С.А., Миронов Д.А., Ценч Ю.С., Мирнова А.В. Оценка износостойкости и ресурса двух-слойных упрочненных почворежущих рабочих органов в различных почвенных условиях // *Инженерные технологии и системы*. 2020;30(4):699-710. DOI 10.15507/2658-4123.030.202004.699-710.
24. Виноградов В.Н., Сорокин Г.М. Механическое изнашивание сталей и сплавов. М.: Недра. 1996:1-361.
25. Лискин И.В., Миронов Д.А., Сидоров С.А., Нагорный В.Д., Костомахин М.Н. Стрельчатые лапы повышенного ресурса для культиваторов отечественного производства // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019;4(33):80-87.
26. Горобей В.П., Бабицкий Л.Ф., Москалевич В.Ю. Совершенствование рабочих органов и конструкции культиватора виноградников // *Виноградарство и виноделие: Сб. научн. тр. ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»*. 2021;50:12-15.
27. Москалевич В.Ю., Горобей В.П., Карпенко С.Н. Повышение работоспособности и долговечности культиваторных лап прерывистой износостойкой наплавкой // *Вестник аграрной науки Дона*. 2024;1(65):12-21. DOI 10.55618/20756704_2024_17_1_12-21.
28. Кряжков В.М. Надежность и качество сельскохозяйственной техники. М.: Агропромиздат. 1989:1-355.

References

1. Aliyev G.A., Bashirov F.B., Blagonravov P.P., Gukasov A.I., Zakharova E.I. The book of viticulturer. M.: Selkhozgiz. 1959:1-631 (in Russian).
2. Sineokov G.N., Panov I.M. Theory and calculation of tillage machines. M.: Mashinostroenie. 1977:1-328 (in Russian).
3. Cherepanov G.G., Chudinovskikh V.M. Sealing of arable soils and ways to eliminate it. M.: VNIITEIagroprom. 1987:1-58 (in Russian).
4. Shilo I.N., Romanyuk N.N., Kruk I.S., Orda A.N., Galimov R.R., Maksimovich K.Yu., Voynash S.A., Luchinovich A.A. The influence of the parameters of the running systems of wheeled vehicles on the change in soil density. Tractors and Agricultural Machinery. 2021;88(5):30-37. DOI 10.31992/0321-4443-2021-5-30-37 (in Russian).
5. Gaynullin I.A. Experimental study of track-type tractor speed influence on soil sealing. International Research Journal. 2017;3-4(57):29-31. DOI 10.23670/IRJ.2017.57.021 (in Russian).
6. Zolotarevskaya D.I. Study and calculation of soil compaction during operation and after stopping of a wheeled tractor. Tractors and Agricultural Machinery. 2016;8:33-38 (in Russian).
7. Romanyuk N.N., Kryuk I.S., Orda A.N., Shklyarevich V.A., Rakova N.L., Vorobey A.S. The influence of tractor running systems on soil sealing. Agropanorama. 2024;1(161):2-7. DOI 10.56619/2078-7138-2024-161-1-2-7 (in Russian).
8. Syromyatnikov Yu.N. Ways to reduce the specific pressure of wheel propellers on the soil. Agriculture. 2017;4:95-103. DOI 10.7256/2453-8809.2017.4.26797 (in Russian).
9. Novikov V.S., Petrovsky D.I. Improving durability of centre-hoe cultivators. Vestnik of FSEEHPE Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. 2017;4(80):49-55 (in Russian).
10. Reznik N.E. The theory of cutting with a blade and the basics of calculating cutting devices. M.: Mashinostroenie. 1975:1-311 (in Russian).
11. Izmailov A.Yu., Sidorov S.A., Lobachevsky Ya.P., Khoroshenkov V.K., Kudrya A.V. Raising technical characteristics in operating organs of agricultural machines. Vestnik of the Russian Agricultural Science. 2016;4:58-60 (in Russian).
12. Lyalyakin V.P., Solovyov S.A., Aulov V.N. Condition and prospects of strengthening and restoration of parts of soil-

- cultivating machines using welding and surfacing methods. Proceedings of GOSNITI. 2014;115:96-104 (in Russian).
13. Titov N.V., Vinogradov V.V., Petrikov I.A. Increasing the service life of cultivator sweeps using vibro-arc surfacing using metal-ceramics. Agricultural Technology and Energy Supply. 2014;1(1):322-327 (in Russian).
 14. Titov N.V., Petrikov I.A., Kondrakhin N.A. Application of vibroarc hardening for increasing resource of tillers' working organs. Agricultural Technology and Energy Supply. 2015;1(5):130-137 (in Russian).
 15. Evsyukov A.I., Berezin M.A. Hardening of working bodies of agricultural machines by electric spark alloying. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2023;1-2(76):62-65. DOI 10.24412/2500-1000-2023-1-2-62-65 (in Russian).
 16. Strebkov S.V., Slobodyuk A.P., Bondarev A.V., Sakhnov A.V. Clarification of the lancet hoes electrospark alloying. Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2019;1(33):21-26. DOI 10.31279/2222-9345-2019-8-33-21-26 (in Russian).
 17. Ozhegov N.M., Ruzhev V.A., Gubarev V.D., Suleev V.D., Shakhov V.A. Modern methods of strengthening the disk working bodies of soil tillers. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2019;2(76):95-98 (in Russian).
 18. Gorobey V.P. Technical solutions for loosening and cultivation of vineyards between rows. Automated Design in Mechanical Engineering. 2024;16:26-29. DOI 10.26160/2309-8864-2024-16-26-29 (in Russian).
 19. Stepanov M.V., Trushina L.N., Lazar' V.V. Analysis of ways to improve the performance of cultivator paws. Science Without Borders. 2020;1(41):54-58 (in Russian).
 20. Tulaganova L.S., Zhuraeva G.Sh. Increasing the wear resistance and durability of the working bodies of cultivators. Scientific Journal of Mechanics and Technology. 2021;4(5):57-63 (in Russian).
 21. Shmykov S.N., Ipatov A.G., Novikova L.Ya. Efficiency of various methods for restoring and hardening tillage tools using the example of cultivator sweep. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2022;1(69):64-71. DOI 10.48012/1817-5457_2022_1_64 (in Russian).
 22. Rozhkov A.S., Arkhipov V.V., Ryakin N.S., Chertok M.E. Improving the elements of technology for strengthening the working bodies of agricultural machines. E-SCIO. 2017;7(10):37-43 (in Russian).
 23. Sidorov S.A., Mironov D.A., Tsench Yu.S., Mironova A.V. Assessment of durability and service life of two-layer hardened earth cutters in various soil conditions. Engineering Technologies and Systems. 2020;30(4):699-710. DOI 10.15507/2658-4123.030.202004.699-710 (in Russian).
 24. Vinogradov V.N., Sorokin G.M. Mechanical wear of steels and alloys. M.: Nedra. 1996:1-361 (in Russian).
 25. Liskin I.V., Mironov D.A., Sidorov S.A., Nagorny V.D., Kostomakhin M.N. Lancet paws of the increased resource for cultivators of domestic production. Innovations in Agriculture. 2019;4(33):80-87 (in Russian).
 26. Gorobey V.P., Babitskiy L.F., Moskalevich V.Yu. Improving the working bodies and design of the vineyard cultivator. Viticulture and Winemaking: Collection of Scientific Works of the FSBSI Institute Magarach RAS. 2021;50:12-15 (in Russian).
 27. Moskalevich V.Yu., Gorobey V.P., Karpenko S.N. Increasing the performance and durability of cultivation sweeps with discreet wear-resistant coating. Don Agrarian Science Bulletin. 2024;1(65):12-21. DOI 10.55618/20756704_2024_17_1_12-21 (in Russian).
 28. Kryazhkov V.M. Reliability and quality of agricultural machinery. M.: Agropromizdat. 1989:1-355 (in Russian).

Информация об авторах

Василий Петрович Горобей, д-р техн. наук, ст. науч. сотр., вед. науч. сотр. сектора разработки и исследований макетных и экспериментальных технологических установок; e-мейл: Sector.simf23@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0005-0114-3585>;

Вадим Юрьевич Москалевич, канд. техн. наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе; e-мейл: v_moskalevich@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4818-3910>;

Николай Александрович Лотуга, лаборант сектора разработки и исследований макетных и экспериментальных технологических установок; e-мейл: Sector.simf23@yandex.ru;

Сергей Николаевич Карпенко, главный агроном; e-мейл: S.Karpenko@kachaplus.ru;

Сергей Владимирович Легостаев, техник; e-мейл: ooo.kachinskiy@mail.ru.

Information about authors

Vasily P. Gorobey, Dr. Tech. Sci., Senior Staff Scientist, Leading Staff Scientist, Sector of Development and Research of Model and Experimental Technological Installations; e-mail: Sector.simf23@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0005-0114-3585>;

Vadim Yu. Moskalevich, Cand. Tech. Sci., Assistant Professor, Department of Technical Systems in Agribusiness; e-mail: v_moskalevich@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4818-3910>;

Nikolay A. Lotuga, Laboratory Assistant, Sector of Development and Research of Model and Experimental Technological Installations; e-mail: Sector.simf23@yandex.ru;

Sergey N. Karpenko, Chief Agronomist; e-mail: S.Karpenko@kachaplus.ru;

Sergey V. Legostaev, Technician; e-mail: ooo.kachinskiy@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 16.07.2024, одобрена после рецензии 03.09.2024, принята к публикации 20.11.2024.

Продуктивность сортов яблони на подвое М-9 в зависимости от плотности размещения деревьев в саду

Кириченко В.С.[✉], Усейнов Д.Р.

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Республика Крым, Россия

[✉]loginova_v_koss@mail.ru

Аннотация. В статье приведены данные результатов изучения влияния плотных схем размещения на продуктивность насаждений яблони. Исследования проводились в отделении «Крымская опытная станция садоводства» ФГБУН «Никитский Ботанический сад – Национальный научный центр РАН». Опытнo-демонстрационное насаждение заложено в 2013 г. однолетними саженцами на подвое М-9. Изучались следующие схемы посадки: 4 × 1 м (контроль), 4 × 1,25 м, 4 × 0,75 м и 4 × 0,5 м. Объектами исследования являлись сорта яблони Бреберн, Джалита, Ренет Симиренко. Урожайность в 28,92 т/га в среднем за 4 года исследований наблюдали при возделывании сорта Бреберн при схеме 4 × 0,5 м (5000 дер./га) Минимальную урожайность отметили при схеме размещения 4 × 1,25 м, она составила 19,12 т/га. Такие показатели связаны с уменьшением количества деревьев на гектаре с 5000 дер./га до 2000 дер./га. Средняя урожайность в насаждениях сорта Джалита изменялась в зависимости от схемы посадки, максимальная урожайность отмечалась при схеме размещения 4 × 0,75 м и составляла 21,63 т/га, что на 2,3 т/га выше контроля. Урожайность в насаждениях сорта Ренет Симиренко с плотностью посадки 3333 дер./га составила 22,97 т/га, что выше показателя контроля на 39,9 %. При уплотненной схеме посадки 4 × 0,5 м урожайность сорта Ренет Симиренко в среднем за 4 года исследований составила 19,6 т/га. Удельная продуктивность насаждений яблони в зависимости от схем размещения деревьев в саду на подвое М-9 показала, что с увеличением количества деревьев на гектар увеличивалась средняя урожайность, но при этом уменьшался урожай с одного дерева.

Ключевые слова: яблоня; схема посадки; урожайность; удельная продуктивность.

Для цитирования: Кириченко В.С., Усейнов Д.Р. Продуктивность сортов яблони на подвое М-9 в зависимости от плотности размещения деревьев в саду // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):357-361. EDN HGDYIC.

Productivity of apple varieties on M-9 rootstock depending on planting density of trees in a garden

Kirichenko V.S.[✉], Useinov D.R.

Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russia

[✉]loginova_v_koss@mail.ru

Abstract. This article presents the results of studying the effect of dense planting patterns on the productivity of apple plantations. The studies were conducted at the Crimean Experimental Horticulture Station of the FSBSI Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of the RAS. The experimental demonstration plot was planted in 2013 with one-year-old seedlings on the rootstock M-9. The following planting patterns were studied: 4 × 1 m (control), 4 × 1.25 m, 4 × 0.75 m, and 4 × 0.5 m. The objects of the study were 'Braeburn', 'Dzhalita', 'Renet Simirenko' apple varieties. Cropping capacity of 28.92 t/ha at the average over 4 years of research was observed when cultivating 'Braeburn' variety, and using planting pattern 4 × 0.5 m (5000 trees/ha). The minimum yield was registered at a planting pattern 4 × 1.25 m, it was 19.12 t/ha. Such indicators are associated with a decrease in the number of trees per hectare from 5000 trees/ha to 2000 trees/ha. The average cropping capacity in the plantings of 'Dzhalita' varied depending on the planting pattern, the maximum yield was observed when the pattern of 4 × 0.75 m was used, and amounted 21.63 t/ha, which was 2.3 t/ha higher than the control. Cropping capacity in the plantings of 'Renet Simirenko' variety with a density of 3333 trees/ha was 22.97 t/ha, which was 39.9% higher than the control. With a close-planting pattern of 4 × 0.5 m, the yield of 'Renet Simirenko' variety on average over 4 years of research was 19.6 t/ha. Specific productivity of apple trees depending on planting patterns in the garden on M-9 rootstock showed that with an increase in the number of trees per hectare, the average cropping capacity was increasing, but at the same time the yield per one tree was decreasing.

Key words: apple tree; planting pattern; cropping capacity; specific productivity.

For citation: Kirichenko V.S., Useinov D.R. Productivity of apple varieties on M-9 rootstock depending on planting density of trees in a garden. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):357-361. EDN HGDYIC (in Russian).

Введение

Современное садоводство основывается на интенсификации производства. Интенсивный яблоневый сад характеризуется скороплодностью, высокой урожайностью и качеством плодов на сравнительно небольшой площади возделывания [1–6]. Интенсификация производства предполагает закладку садов с малогабаритными деревьями. Это достигается путем использования слаборослых сортов и карликовых подвоев. Преимуществом таких интенсивных пло-

вых насаждений является небольшой размер деревьев при уплотненной посадке, которая способствует раннему началу плодоношения, быстрому наращиванию урожая и рациональному использованию пространства, отведенного для деревьев, уже в первые годы после их посадки. Непроductивный период таких садов сокращается до минимума и составляет в среднем 1–2 года [7–14].

При возделывании таких садов в промышленных масштабах важно учитывать не только получение большого количества продукции, но и производственные затраты. Интенсивные сады позволяют минимизировать садовые площади без снижения

объема получаемого урожая. Потенциальные возможности плодовых насаждений наиболее полно могут проявиться при условии размещения такого количества деревьев на единице площади, которое соответствует биологии сорта, условиям возделывания и особенностям систем формирования кроны [15–16].

Для интенсивных садов плотность посадки может составлять от 2000 до 5000 дер./га при схемах размещения растений 0,5–1,25 м в ряду и 2,5–4,0 м в междурядьях. При этом следует учитывать, что при таких конструкциях садов деревьям необходима дополнительная опора и современная система ухода и орошения [17–18].

Материалы и методы исследования

Исследования проводились в «Крымской опытной станции садоводства» (ныне ФГБУН «Никитский Ботанический сад – Национальный научный центр РАН») в интенсивном саду яблони 2013 г. посадки. Опытный участок был заложен однолетними саженцами таких сортов яблони, как Бреберн, Джалита, Ренет Симиренко. Схема опыта: 1 вариант – 4 × 1 м (контроль) (2500 дер./га); 2 вариант – 4 × 1,25 (2000 дер./га); 3 вариант – 4 × 0,75 м (3333 дер./га); 4 вариант – 4 × 0,5 м (5000 дер./га). В саду функционирует стационарное капельное орошение.

Наши исследования проводились на протяжении четырех лет вегетации (2018–2021 гг.). Климатические условия в эти годы были различными, так в период формирования и роста плодов в 2020 г. наблюдали высокие температуры воздуха: в июне – 31,4–35,4 °С, июле – 33,3–37,2 °С, августе – 30,8 °С. На почве температурные показатели менялись от 37,2 до 55,6 °С. В сентябре среднесуточная температура воздуха составила 19,1 °С, что превысило многолетнюю норму почти в 2 раза при максимальной температуре в воздухе 30,0–35,9 °С, на почве – 28,9–41,9 °С. За годы исследований последние весенние заморозки (до –6 °С в воздухе и –7 °С на почве) наблюдались в апреле 2019, 2020 гг., что существенно повлияло на показатели урожайности и продуктивности изучаемых сортов.

Почва опытного участка – лугово-черноземная карбонатная на аллювиальных отложениях. Система содержания почвы в приствольных полосах – гербицидный пар, в междурядьях – черный пар.

Учеты и наблюдения проводили по программам и методикам сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур, а статистическую обработку данных по методике Доспехова Б.А. с использованием программы Excel 2013 [19–21].

Целью исследования являлось изучение влияния уплотненных схем посадки на урожайность и удельную продуктивность отечественных и зарубежных сортов, выращиваемых на карликовом подвое М-9.

Результаты и их обсуждения

По мере уплотнения насаждений и особенно уменьшения расстояний между деревьями в ряду урожайность сада (т/га) в среднем за 4 года исследований возрастала. Урожайность сорта Бреберн при схеме размещения насаждений 4 × 0,5 м (5000 дер./га) со-

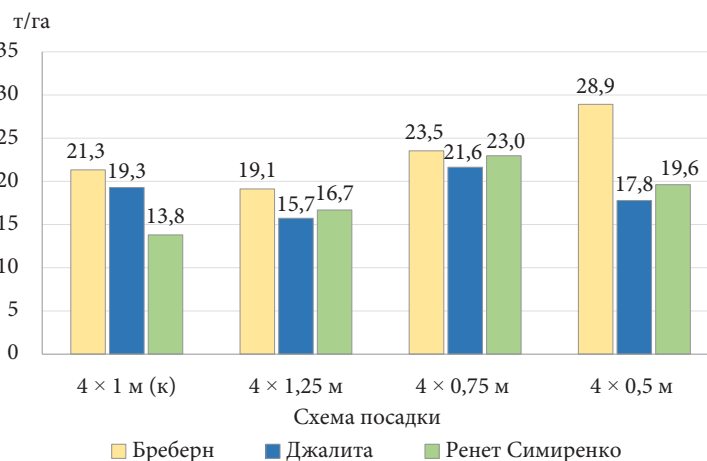


Рис. 1. Урожайность сортов яблони в зависимости от плотности посадки, 2018–2021 гг.

Fig. 1. Cropping capacity of apple varieties depending on planting density, 2018–2021

ставила 28,9 т/га, а при схеме посадки 4 × 0,75 м (3333 дер./га) находилась на уровне 23,53 т/га (рис. 1).

Средняя урожайность в насаждениях сорта Джалита изменялась в зависимости от схемы посадки, максимальная урожайность отмечалась при схеме размещения 4 × 0,75 м и составляла 21,63 т/га, что на 2,3 т/га выше контроля. Минимальную урожайность отметили при схеме размещения 4 × 1,25 м и она составила 15,73 т/га. Такие показатели связаны с умень-

Таблица. Удельная продуктивность сортов яблони в зависимости от схем размещения деревьев, 2018–2020 г.

Table. Specific productivity of apple varieties depending on planting patterns, 2018–2020

Схема посадки	Средний урожай, кг/дер.	Удельная продуктивность		
		проекция кроны, кг/м ²	объема кроны, кг/м ³	сечения штамба на кг/см ²
<i>Бреберн</i>				
4 × 1 м (контроль)	8,5	5,3	3,7	1,7
4 × 1,25 м	9,6	6,4	4,4	1,6
4 × 0,75 м	7,1	6,5	3,7	2,5
4 × 0,5 м	5,8	4,1	1,8	1,1
НСР ₀₅		2,8	2,7	0,1
<i>Джалита</i>				
4 × 1 м (контроль)	7,7	4,5	2,1	1,0
4 × 1,25 м	7,9	4,9	2,4	1,3
4 × 0,75 м	6,5	4,7	2,1	1,5
4 × 0,5 м	3,6	2,8	1,1	0,8
НСР ₀₅		2,9	1,73	0,14
<i>Ренет Симиренко</i>				
4 × 1 м (контроль)	5,5	3,4	2,0	0,7
4 × 1,25 м	8,3	4,9	2,3	1,4
4 × 0,75 м	6,9	4,6	2,1	1,4
4 × 0,5 м	3,9	2,3	1,1	0,8
НСР ₀₅		3,6	2,3	0,33

шением количества деревьев на гектаре с 3333 дер./га до 2000 дер./га.

Урожайность в насаждениях сорта Ренет Симиренко с плотностью посадки 3333 дер./га составила 22,97 т/га, что выше показателя контроля на 39,9 %. При уплотненной схеме посадки 4 × 0,5 м урожайность сорта Ренет Симиренко в среднем за 4 года исследования составила 19,6 т/га.

С увеличением количества деревьев на гектар увеличивалась средняя урожайность, но при этом уменьшался урожай с одного дерева. Также при высокой плотности посадки с этого возраста намечается тенденция перехода на периодическое плодоношение (рис. 2).

Расчеты удельной продуктивности проекции кроны сорта Бреберн показали, что при схеме посадки 4 × 0,75 м (3333 дер./га) и 4 × 1,25 м (2000 дер./га) каждый м² проекции кроны обеспечивает получение 6,5 и 6,4 кг плодов, что превышает показатели контроля (табл.).

Продуктивность объема кроны при плотности посадки 2000 дер./га также превышала показатели контроля. Минимальная продуктивность объема и проекции кроны Бреберна наблюдалась при схеме размещения 4 × 0,5 м (5000 дер./га) и составляла 4,1 кг плодов на м² проекции кроны и 1,8 кг на м³ объема кроны.

Самый высокий показатель продуктивности штамба сорта Бреберн отметили также при плотности посадки 4 × 1,25 м.

Сорт Джалита максимальную нагрузку урожаем показал при схеме посадки 4 × 1,25 м, которая составила 4,9 кг на каждый м² проекции кроны в среднем за 4 года исследований. Схема посадки 4 × 1,25 м не существенно превысила показатели контроля и составила 4,7 кг плодов на м² проекции кроны. Минимальные показатели продуктивности объема и проекции кроны были определены при схеме посадки 4 × 0,5 м и составили 1,1 кг/м³ и 2,8 кг/м² соответственно.

Максимальная удельная нагрузка урожаем отмечена в насаждениях сорта Ренет Симиренко (4,9 кг на м² проекции кроны) при плотности посадки 2000 дер./га. Это связано с биологическими особенностями сорта, который является сильнорослым и требует большую площадь питания. Поэтому самые



А



Б

Рис. 2. Вид 11-летних деревьев, форма кроны Стройное веретено: А – Сорт Бреберн, схема посадки 4 × 0,5 м (5000 дер./га), Б – Сорт Бреберн, схема посадки 4 × 1,25 м (2000 дер./га)

Fig. 2. View of 11 years old trees, crown shape - Slender spindle: А – the variety 'Braeburn', planting pattern 4 × 0.5 m (5000 trees/ha), Б – the variety 'Braeburn' planting pattern 4 × 1.25 m (2000 trees/ha)

низкие показатели удельной продуктивности сорта находились при схеме посадки 4 × 0,5 м (5000 дер./га).

Удельная продуктивности площади поперечного сечения штамбов сорта Бреберн составила: от 1,1–2,5 кг плодов на см². Показатели удельной продуктивности сорта Джалита варьировались в пределах от 0,8 кг/см² при схеме 4 × 0,5 м до 1,5 кг/см² при схеме посадки 4 × 1,25 м.

Выводы

Установлено, что урожайность находится в прямой зависимости от схемы посадки и биологических особенностей сорта.

Высокий урожай с дерева был получен у сорта Бреберн при схеме посадки 4 × 1,25 м и составил 9,6 кг/дер. При аналогичной схеме посадки у сорта Джалита урожай составил 7,9 кг/дер, у Ренета Симиренко – 8,3 кг/дер.

Урожайность в насаждениях сорта Джалита изменялась в зависимости от схемы посадки. Максимальная урожайность отмечалась при схеме размещения 4 × 0,75 м и составляла 21,63 т/га, что на 2,3 т/га выше контроля.

Коэффициент удельной продуктивности при вы-

шеуказанной схеме посадки в зависимости от сорта обеспечивает формирование от 4,9 до 6,4 (в м² проекции кроны) и от 2,3 до 4,4 (в м³ объема кроны) кг плодов.

Источник финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0829-2019-0033.

Financing source

The work was conducted under public assignment No. 0829-2019-0033.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Бабинцева Н.А., Кириченко В.С. Факторы, оказывающие влияние на формирование продуктивности и распределение нагрузки урожаем в кронах деревьев яблони в интенсивном саду // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(1):39-44. DOI 10.34919/IM.2024.40.79.006.
2. Воробьев В.Ф., Джура Н.Ю. Продуктивность и экономическая эффективность интенсивного сада яблони при различных способах закладки // Плодоводство и ягодоводство России. 2022;70:66-74. DOI 10.31676/2073-4948-2022-70-66-74.
3. Трунов Ю.В., Соловьев А.В., Куличихин И.В. Модели продуктивности современных яблоневых садов в средней полосе России // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2022;2(69):12-17.
4. Круглов Н.М. Реальные возможности для инновационного развития промышленного садоводства в ЦЧР // Агротехнологии XXI века. 2017:195-163.
5. Бабинцева Н.А. Влияние густоты посадки на Продуктивность деревьев яблони (*Malus domestica* Borkh.) в условиях Крыма // XXVI Мичуринские чтения «развитие научного наследия И.В. Мичурина в решении проблем современного садоводства»: Материалы всероссийской научной конференции. 2021:36-42.
6. Тымчик Н.Е., Кравченко Р.В., Горбунов И.В. Продуктивность яблони сорта Ред Джонаголд в высокоплотных насаждениях типа «шпindelь» // Вопросы науки и образования: теоретические и практические аспекты: Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. 2019:55-58.
7. Воробьев В.Ф., Джура Н.Ю. Продуктивность и экономическая эффективность интенсивного сада яблони при различных способах закладки // Плодоводство и ягодоводство России. 2022;70:66-74. DOI 10.31676/2073-4948-2022-70-66-74.
8. Кудаев Р.Х., Расулов А.Р., Тхакахов А.И., Дорогов А.С. Влияние густоты посадки на рост и продуктивность яблони в безопорном интенсивном насаждении // Проблемы развития АПК региона. 2016;3(27):39-42.
9. Танкевич В.В. Перспективные клоновые подвои яблони в Крыму // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2020;22(4):312-315. DOI 10.35547/IM.2020.79.71.004.
10. Сотник А.И., Бабина Р.Д., Танкевич В.В. Актуальные аспекты развития садоводства в Республике Крым // Плодоводство и ягодоводство России. 2017;49:312-315.
11. Еремин В.Г., Еремин Г.В. Совершенствование сортирента и технологии возделывания косточковых культур на юге России // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016;59:141-150.
12. Моисейченко В.Ф., Трифонова М.Ф., Заверюха А.Х., Ещенко В.Е. Основы научных исследований в агрономии. М.: Колос. 1996:1-336.
13. Алферов В.А., Соколов О.А. Влияние интенсивности обрезки на продуктивность и качество плодов яблони // Научные труды Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства. 2016;9:165-172.
14. Ненько Н.И., Киселева Г.К., Караваева А.В., Сергеев Ю.И. Фотосинтетическая деятельность яблони в интенсивных насаждениях различной конструкции // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2014;26(2):21-29.
15. Воробьев В.Ф., Куликов И.М., Джура Н.Ю. Возделывание груши в интенсивных насаждениях различных схем размещения и конструкции крон // Актуальные вопросы садоводства и картофелеводства: Сборник трудов 3-й Международной дистанционной научно-практической конференции. 2020:21-41.
16. Татаринов А.Н., Павлов Г.Д. Садоводство на слаборослых подвоях // Клоновые подвои в интенсивном садоводстве. К.: Урожай. 1976:1-176.
17. Савин Е.З., Азаров О.И., Демина Л.Г. Экономическая эффективность выращивания яблони на различных типах клоновых подвоев в условиях Среднего Поволжья // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017;4(204):74-77.
18. Опанасенко Н.Е., Костенко И.В., Евтушенко А.П. Агроэкологические ресурсы и районирование степного и предгорного Крыма под плодовые культуры. Симферополь: Научный Мир. 2015:1-216.
19. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под. общ. ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК. 1999:1-606.
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс. 2014:1-352.
21. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Г.А. Лобанова. Мичуринск: ВНИИС. 1973:1-496.

References

1. Babintseva N.A., Kirichenko V.S. Factors affecting the formation of intensive garden productivity and distribution of crop load in the crowns of apple trees. Magarach. Viticulture and winemaking. 2024;26(1):39-44. DOI 10.34919/IM.2024.40.79.006 (in Russian).
2. Vorobyov V.F., Dzhura N.Yu. Productivity and economical effectiveness of intensive apple orchard with different methods of laying. Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia. 2022;70:66-74. DOI 10.31676/2073-4948-2022-70-66-74 (in Russian).
3. Trunov Yu.V., Soloviev A.V., Kulichikhin I.V. Productivity models of modern apple gardens in Central Russia. Bulletin of Michurinsk State Agrarian University. 2022;2(69):12-17 (in Russian).
4. Kruglov N.M. Real opportunities for innovative development of industrial horticulture in the CCR. Agricultural Technologies of the 21st Century. 2017:195-163 (in Russian).
5. Babintseva N.A. Influence of plant groundland during the productivity of apple-tree trees (*Malus domestica* Borkh.) under the conditions of Crimea. XXVI Michurin Readings "Development of the scientific heritage of I.V. Michurin in solving the problems of modern gardening": Materials of the All-Russian Scientific Conference. 2021:36-42 (in Russian).
6. Tymchik N.E., Kravchenko R.V., Gorbunov I.V. Productivity of 'Red Jonagold' apple tree in high-density spindle-type plantings. Issues of science and education: theoretical and practical aspects: Proceedings of the International (Correspondence) Scientific and Practical Conference. 2019:55-58 (in Russian).

7. Vorobyev V.F., Dzhura N.Yu. Productivity and economical effectiveness of intensive apple orchard with different methods of laying. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2022;70:66-74. DOI 10.31676/2073-4948-2022-70-66-74 (*in Russian*).
8. Kudayev R.Kh., Rasulov A.R., Tkhakakhov A.I., Dorogov A.S. The influence of planting density on the growth and productivity of apple trees in unsupported intensive plantings. *Problems of development of the regional agro-industrial complex*. 2016;3(27):39-42 (*in Russian*).
9. Tankevich V.V. Promising apple clonal rootstocks in Crimea. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2020;22(4):312-315. DOI 10.35547/IM.2020.79.71.004 (*in Russian*).
10. Sotnik A.I., Babina R.D., Tankevich V.V. Actual aspects of horticulture development in the Republic of Crimea. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2017;49:312-315 (*in Russian*).
11. Eremin V.G., Eremin G.V. Improvements in range and technology of cultivation of stone fruit in the South of Russia. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2016;59:141-150 (*in Russian*).
12. Moiseichenko V.F., Trifonova M.F., Zaveryukha A.Kh., Yeshchenko V.E. *Fundamentals of scientific research in agronomy*. M.: Kolos. 1996:1-336 (*in Russian*).
13. Alfyerov V.A., Sokolov O.A. Influence of pruning intensity on productivity and quality of apple fruits. *Scientific Works of the North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking*. 2016;9:165-172 (*in Russian*).
14. Nenko N.I., Kiseleva G.K., Karavaeva A.V., Sergeev Yu.I. Photosynthetic activity of apple tree in the intensive orchards of different construction. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2014;26(2):21-29 (*in Russian*).
15. Vorobyov V.F., Kulikov I.M., Dzhura N.Yu. Cultivation of pears in intensive plantings of various planting patterns and crown designs. *Current Issues in Gardening and Potato Growing: Collection of Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Teleconference*. 2020:21-41 (*in Russian*).
16. Tatarinov A.N., Pavlov G.D. Gardening on weak-growing rootstocks. *Clonal rootstocks in intensive gardening*. K.: Urozhay. 1976:1-176 (*in Russian*).
17. Savin E.Z., Azarov O.I., Demenina L.G. Economic efficiency of cultivation of apple trees on different types of clonal rootstocks in the conditions of the Middle Volga region. *Vestnik of the Orenburg State University*. 2017;4(204):74-77 (*in Russian*).
18. Opanasenko N.E., Kostenko I.V., Evtushenko A.P. Agroecological resources and districting of steppe and pre-mountain Crimea for fruit cultures. *Simferopol: Scientific World*. 2015:1-216 (*in Russian*).
19. Program and methodology of sorting fruit, berry and nut crops. Under the general editorship of E.N. Sedov, T.G. Ogoltsova. Orel: VNIISPK. 1999:1-606 (*in Russian*).
20. Dospikhov B.A. Methodology of field experiment with the basics of statistical processing of research results. M.: Alliance. 2014:1-352 (*in Russian*).
21. Program and methodology of varietal study of fruit, berry and nut crops. Under the general editorship of G.A. Lobanov. Michurinsk: VNIIS. 1973:1-496 (*in Russian*).

Информация об авторах

Виктория Сергеевна Кириченко, мл. науч. сотр. лаборатории технологий выращивания плодовых культур Института садоводства Крыма; e-мейл: loginova_v_koss@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5613-8939>;

Дильвер Рашидович Усейнов, аспирант, науч. сотр. лаборатории технологий выращивания плодовых культур Института садоводства Крыма; e-мейл: Dilik.um@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7030-8551>.

Information about authors

Victoria S. Kirichenko, Junior Staff Scientist, Laboratory of Fruit Cultivation Technologies, Institute of Horticulture of Crimea; e-mail: loginova_v_koss@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5613-8939>;

Dilyaver R. Useinov, Postgraduate, Staff Scientist, Laboratory of Fruit Cultivation Technologies, Institute of Horticulture of Crimea; e-mail: Dilik.um@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7030-8551>.

Статья поступила в редакцию 04.06.2024, одобрена после рецензии 14.06.2024, принята к публикации 20.11.2024.

УДК 581.1: 581.19:58.02
EDN MDXALI

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Изучение морозостойкости сортов и форм колонновидной яблони в Крыму

Усков М.К.✉

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Республика Крым, Россия

✉m0992497215@yandex.ru

Аннотация. В статье представлены результаты определения морозостойкости в контролируемых условиях с помощью метода моделирования отрицательных температур зимнего периода в климатической камере. Исследования проводились на базе лаборатории селекции и сортоизучения отдела плодовых культур отделения «Крымская опытная станция садоводства» ФГБУН «НБС-ННЦ». Объектами исследований служили генеративные органы колонновидных сортов яблони селекции Никитского ботанического сада и Крымской опытной станции садоводства, В.В. Кичины, М.В. Качалкина. По результатам промораживания установлено, что в начале зимнего периода образцы имеют большую устойчивость к морозу, чем в конце зимы. Больше всего морозом повреждаются генеративные органы после оттепелей. В результате проведенных исследований был выделен образец с наибольшим количеством живых почек после мартовского промораживания – А-320 (50,3 %). Данная селекционная форма представляет интерес для дальнейшего исследования на признак устойчивости к возвратным весенним заморозкам. Необходимо отметить, что исследование морозостойкости сортов и селекционных форм является непрерывным процессом. По результатам селекции постоянно появляются новые, неизученные в должной степени образцы, происходит изменение климата, вследствие чего необходимо актуализировать имеющиеся данные. Исследование позволяет учитывать поведение сортов во время заморозков при первичном программировании урожая плодов колонновидной яблони, необходимости прореживания цветков. В перспективе будет возможен подбор посадочного материала для выращивания плодов колонновидной яблони по наименее ресурсо- и трудозатратной технологии, что позволит получать стабильный высокий урожай плодов в условиях предгорной зоны Крыма с наивысшей рентабельностью.

Ключевые слова: морозостойкость; зимостойкость; адаптивность; селекция; яблоня колонновидная.

Для цитирования: Усков М.К. Изучение морозостойкости сортов и форм колонновидной яблони в Крыму // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):362-366. EDN MDXALI.

ORIGINAL RESEARCH

Study of frost resistance of varieties and forms of columnar apple trees in Crimea

Uskov M.K.✉

Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russian Federation

✉m0992497215@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of determining frost resistance under controlled conditions using the method of modeling negative temperatures of winter period in a climatic chamber. The research was carried out on the basis of the Laboratory of Breeding and Varietal Study of the Department of Fruit Crops of the FSBSI Nikitsky Botanical Garden — National Scientific Center of the RAS, Department of the Crimean Experimental Horticulture Station. The objects of research were generative organs of columnar apple cultivars bred in the Crimean Experimental Horticulture Station, Nikitsky Botanical Garden, by V.V. Kichina, M.V. Kachalkin. According to the results of freezing, it is found that at the beginning of winter period, the samples have greater resistance to frost than at the end of winter. Generative organs are the most damaged by frost after thaws. As a result of the conducted studies, the sample with the largest number of germinating buds after March freezing was isolated – A-320 (50.3%). This breeding form is of interest for further research on resistance to recurring spring frosts. It should be noted that the study of frost resistance of varieties and breeding forms is a continuous process. According to the results of breeding, new unexplored samples are constantly appearing, climate change is taking place, as a result of which it is necessary to update the data available. The study will allow taking into account the behavior of varieties during frosts when providing primary harvest programming of the columnar apple fruits, and the necessity of thinning flowers. In future, it will be possible to select planting material for growing columnar apple fruits using the least resource- and labor-intensive technology, which will allow obtaining stable high yields of fruits in the conditions of the Piedmont zone of Crimea with the highest profitability.

Key words: frost resistance; winter hardiness; adaptability; breeding; columnar apple tree.

For citation: Uskov M.K. Study of frost resistance of varieties and forms of columnar apple trees in Crimea. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):362-366. EDN MDXALI (in Russian).

Введение

Зимостойкость – один из основных показателей адаптивности сорта культуры. Зимостойкость включает в себя устойчивость к ранним зимним и сильным, а также морозам после оттепелей. В Крыму наиболее опасными являются морозы после оттепелей, так как климат региона характеризуется теплой и мягкой зимой. Исследования морозостойкости плодовых культур

в целом отражены во многих работах. Следует отметить, что изучение сортовых особенностей морозостойкости, равно как и селекционную работу по выведению новых сортов необходимо проводить постоянно. Причинами являются изменение климатических условий, вкусовых предпочтений населения, интенсификация технологии возделывания культуры [1–6].

Наряду с сильными морозами в период покоя значительную опасность для плодовых насаждений представляют резкие понижения температуры в период

начала вегетации. Последствием воздействия этого фактора во время цветения или завязывания плодов является существенное снижение урожайности [7–8].

Степень повреждения плодовых почек в зимы с сильными морозами и весенними заморозками зависит также от ряда причин (порода, сорт, длительность отрицательных температур, фаза морфогенеза). Разную степень устойчивости плодовых и ростовых почек к отрицательным температурам можно объяснить разной продолжительностью периода покоя. Процессы дифференциации раньше всего начинаются именно в плодовых почках [9].

Значительное повреждение генеративных органов яблони возвратными заморозками заставляет задуматься о необходимости подбора сортов, устойчивых к этому явлению. На территории Крыма весенние возвратные заморозки на протяжении последних пятидесяти лет наблюдаются стабильно в течение 5–6 лет из 10 [10–11].

Борьба с повреждением генеративных органов включает в себя профилактические и прямые способы. К профилактическим способам борьбы относятся подбор пород сортов и рациональное их размещение со строгим учетом микроклимата (в условиях пересеченного рельефа). Наиболее рационально использовать профилактический способ защиты [12–13].

Для правильного подбора сортов и селекционных форм с рациональным размещением на площади для защиты от повреждения цветковых почек необходимо их изучение. В том числе изучение морозостойкости данных объектов. Изучение морозостойкости возможно несколькими методами – полевым и промораживанием. Также возможна оценка по косвенным данным, а именно таким биохимическим показателям, как изменение содержания связанной формы воды, пролина и сахарозы при воздействии низкой критической температуры [14–15].

Возможны такие методы исследования морозостойкости, как: спектральный метод (содержание малонового диальдегида, антоцианов, халконов); активность пероксидазы с использованием спектрофотометра; метод капиллярного электрофореза (содержание аскорбиновой кислоты); иерархий [16–20].

Для повышения точности визуального анализа повреждений после промораживания можно использовать компьютерные методы оценивания материала (машинное зрение, результаты сканирования) с помощью различных программ [21].

Таким образом, необходимо исследовать устойчивость сортов и селекционных форм яблони к абиотическим стрессорам для их размещения в наилучших для условий внешней среды.

Цель исследования – определить перспективные гибридные формы и сорта колонновидной яблони по признаку морозостойкости для дальнейшего использования в селекционном процессе и промышленном производстве.

Методика и материалы исследований

Исследования проводили в 2020–2022 гг. на базе отделения «Крымская опытная станция садовод-

ства» ФГБУН «НБС-ННЦ».

Климат Крыма характеризуется мягкой зимой, в связи с чем необходимо исследование морозостойкости в лабораторных условиях. Безморозный период составляет в среднем около 170 дней. Климат сухостепной, с мягкой малоснежной зимой и жарким, продолжительным летом. Средняя температура воздуха наиболее теплого периода по наблюдениям метеопоста отделения приходится на июль-август (20,5–21,3 °С), наиболее холодного – на январь (2,4 °С). Абсолютные низкие температуры января не превышают –12,9 °С, максимальные (июль) – +35,5 °С. В это время восточные ветры приносят суховеи, атмосферные засухи. Среднегодовой уровень осадков – 453 мм.

Отбирались генеративные органы сортов и гибридных форм яблони с колонновидной формой кроны одновременно. Почки находились на однолетних побегах, различных типах плодовых образований (кольчатки, плодушки). Один вариант для промораживания насчитывал 300 шт. генеративных почек. Учеты крахмала и сахара не проводились. Повреждение коры древесины плодовых образований после промораживания практически не наблюдалось в исследуемые годы, что свидетельствует о хорошей устойчивости данных сортов и гибридных форм к климатическим условиям предгорного Крыма по данному показателю морозостойкости.

Искусственное промораживание выполняли в климатической камере по методике М.М. Тюриной, Г.А. Гоголевой [22]. Скорость снижения температуры и оттаивания составляла 5 °С/ч, экспозиция промораживания – 8 ч, минимальная температура –27 °С. Объектами исследований служили генеративные органы (почки) колонновидных сортообразцов яблони селекции Крымской опытной станции садоводства и Никитского ботанического сада, а также В.В. Кичины, М.В. Качалкина. Образцы произрастают на подвое ММ-106 по схеме (2,5+0,5) × 0,5 м (13333 дер./га). В качестве контроля использовался сорт Фаворит (рис. 1). Данный сорт включен в Госреестр по Северо-Кавказскому (6) региону.



Рис. 1. Сорт колонновидной яблони 'Фаворит'
Fig. 1. A variety of columnar apple tree 'Favorit'

Учеты и наблюдения проводили с использованием Программы и методики сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [23]. Статистическая обработка результатов проведена по методике полевого опыта Б.А. Доспехова [24] с применением программ Статистика-10 и Microsoft Office [25].

Результаты и их обсуждение

В условиях мягкой зимы предгорной зоны Крыма достаточно часто необходимо моделировать более низкие температуры воздуха для определения пределов зимо- и морозостойкости генотипов яблони. Вследствие того, что в некоторые годы имеют место холодные зимы, а также учащаются ранневесенние заморозки, возникает необходимость в закладке новых садов с использованием сортов, устойчивых к этим неблагоприятным условиям. Это является ключевым условием для обеспечения ежегодной стабильной урожайности.

Анализируя данные, полученные при промораживании генеративных почек в лабораторных условиях, выявлено, что у сортов осеннего срока созревания процент живых почек варьировал от 26,3 % (А-397) до 60,3 % (50-3-08). При повторном промораживании у данной группы сортов процент живых плодовых почек изменялся от 23,3 % (А-397) до 53,7 % (Вожак). Анализ третьего промораживания в марте показал, что степень неповрежденных почек составила от 20,7 % (А-397) до 50,3 % (А-320) (табл.).

На основании выполненной работы определено, что морозостойкость изменялась по мере дифференциации цветочных почек. Наиболее высокой морозоустойчивостью генеративные почки сортов и форм всех сроков созревания отличались в начальный период зимовки (в фазу формирования материнских клеток пыльцы). Кроме того, выявлено, что различия морозостойкости растений в одной и той же фазе развития цветковых почек являются биологической особенностью сорта. На основании полученных данных можно выделить образцы, которые на всех этапах промораживания проявили высокую сохраняемость генеративных почек: А-320, 18-9-20-1 (Ноктюрн) (рис. 2), 50-3-08, 69-2-08, Арбат, превзойдя по данному показателю контроль.

Также учитывались данные визуального определения побурения подпочечной ткани генеративных почек яблони после промораживания (рис. 3). По результатам многолетних наблюдений (2020–2022 гг.) единичные повреждения испытывала гибридная форма А-397, что составило 5,26 % исследуемых сортов и форм, а остальные образцы (94,74 %) показали повреждение на 0 баллов (в т.ч. контроль).

Таблица. Повреждение генеративных почек сортов и гибридных форм при промораживании, %

Table. Damage to generative buds of varieties and hybrid forms during freezing, %

Сорт, гибридная форма	Живые генеративные почки, %					
	январь, -27 °С		февраль, -27 °С		март, -27 °С	
	Хср.± mx*	V, %	Хср.± mx*	V, %	Хср.± mx*	V, %
Фаворит (контроль)	33,0±34,0	35,9	31,3±33,7	33,4	28,0±34,0	44,1
А-320	57,3±4,7	12,3	53,7±7,3	30,5	50,3±17,7	13,6
А-321	45,7±18,3	24,4	50,3±13,7	27,3	44,3±20,7	25,0
А-397	26,3±29,7	29,4	23,3±28,7	25,7	20,7±28,3	36,7
Арбат	46,7±5,3	10,4	50,3±6,7	36,4	37,0±29	8,9
Белоснежка	47,7±21,3	28,8	44,0±24,0	34,5	33,7±31,3	34,0
Вожак	35,3±20,7	30,3	51,3±14,7	29,6	32,0±26,0	14,6
Валюта	46,3±16,7	24,4	41,0±21,0	33,1	30,0±32	19,6
Джин	47,3±7,7	13,4	35,0±17,0	18,5	29,0±17	6,3
КВ-101	33,0±26,0	28,4	44,7±10,3	32,2	37,0±27	28,7
КВ-103	39,0±32,0	37,7	44,3±16,7	25,3	30,0±25	42,6
КВ-15-9	58,0±11,0	35,4	41,3±25,7	28,5	37,7±23,3	34,0
КВ-8	40,7±16,3	26,0	38,3±13,7	37,0	29,3±36,7	30,1
Останкино	41,3±18,7	24,5	37,7±17,3	18,8	30,0±17	30,4
Пионер	47,3±11,7	17,1	37,3±17,7	22,5	32,0±21	21,2
18-9-20-1 (Ноктюрн)	56,0±15,0	39,4	47,3±22,7	33,8	41,7±20,3	38,1
18-9-20-3	54,0±14,0	32,9	40,0±16,0	17,1	31,7±12,3	26,4
50-3-08	60,3±9,7	34,5	45,3±22,7	31,0	41,7±23,3	32,6
69-2-08	56,0±14,0	22,5	50,0±17,0	31,3	36,3±27,7	25,9

Примечание: * - отклонение максимального значения от среднего значения; Хср. – среднее значение, mx – максимальное значение; V – коэффициент вариации

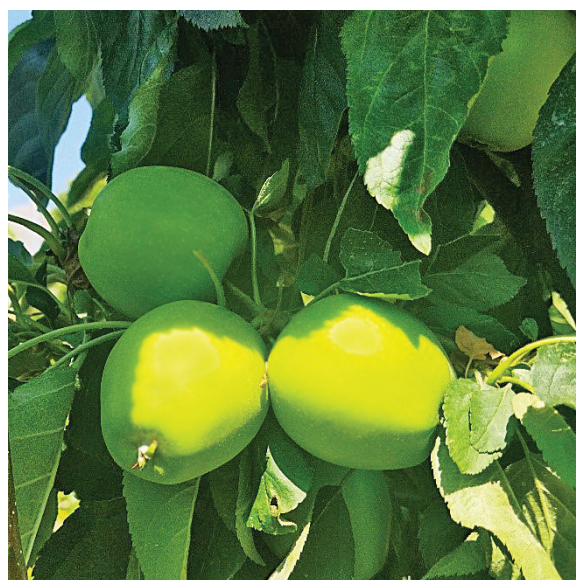


Рис. 2. Селекционная форма колонновидной яблони 18-9-20-1 (Ноктюрн)

Fig. 2. Breeding form of the columnar apple tree 18-9-20-1 ('Nocturn')

Выводы

В зависимости от этапа органогенеза генеративных органов колонновидной яблони изменяется их морозостойкость. Лучшие результаты по морозо-



Рис. 3. Дифференциация сортов и форм по группам морозоустойчивости подпочечной ткани генеративных почек колонновидной яблони после промораживания

Fig. 3. Differentiation of varieties and forms by groups of frost resistance of tissue below the generative buds of columnar apple trees after freezing

стойкости отмечены в январе, худшие – в марте. На всех этапах промораживания проявили высокую сохраняемость генеративных почек такие образцы, как А-320, 18-9-20-1 (Ноктюрн), 50-3-08, 69-2-08, Арбат, превзойдя по данному показателю контроль. После мартовского промораживания лучше всего себя показал образец А-320 – 50,3 % живых генеративных почек, у контроля – 20,0 %.

Источник финансирования

Исследования выполнены в рамках государственного задания № 0829-2019-0026.

Financing source

The research was conducted under public assignment No. 0829-2019-0026.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

- Земисов А.С., Савельева Н.Н., Юшков А.Н., Чивилев В.В., Борзых Н.В. Устойчивость гибридов колонновидной яблони к низким температурам в осенне-зимний период // Плодоводство и ягодоводство России. 2020;63:70-76. DOI 10.31676/2073-4948-2020-63-70-76.
- Седов Е.Н., Седышева Г.А., Макаркина М.А., Левгерова Н.С., Серова З.М., Корнеева С.А., Горбачева Н.Г., Салина Е.С., Янчук Т.В., Пикунова А.В., Ожерельева З.Е. Инновации в изменении генома яблони. Новые перспективы в селекции. Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур. 2015:1-336.
- Красова Н.Г., Ожерельева З.Е., Галашева А.М. Реализация генетического потенциала морозостойкости у гибридов яблони разной ploидности // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2017;21(2):214-221. DOI 10.18699/VJ17.239.
- Ожерельева З.Е., Корнеева С.А., Седов Е.Н. Изучение зимостойкости новых колонновидных сортов яблони селекции Всероссийского НИИ селекции плодовых культур // Плодоводство. 2022;25:335-340.
- Ожерельева З.Е., Прудников П.С. Исследования физиологии устойчивости плодовых растений во ВНИИСПК // Садоводство и виноградарство. 2015;3:29-32.
- Халилов Э.С., Смыков А.В., Челебиев Э.Ф., Усков М.К.

Степень морозостойкости генеративных почек перспективных селекционных форм яблони в условиях предгорной зоны Крыма // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021;92:183-189. DOI 10.21515/1999-1703-92-183-189.

- Юшков А.Н., Борзых Н.В., Земисов А.С. Влияние весенних заморозков на генеративные и вегетативные органы яблони // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2015;7-2:116-118.
- Шоферистов Е.П., Халилов Э.С., Челебиев Э.Ф., Усков М.К., Усейнов Д.Р., Чакалова Е.А. Влияние метеорологических факторов на продуктивность яблони в условиях Предгорной зоны Крыма // «Магараç». Виноградарство и виноделие. 2021;23(2):153-158. DOI 10.35547/IM.2021.23.2.008.
- Сотник А.И., Танкевич В.В., Бабина Р.Д. Влияние экстремальных погодных условий на зимостойкость плодовых культур в Крыму // Плодоводство. 2022;28:294-300.
- Балыкина Е.Б. Теоретические и экологические аспекты формирования энтомоакарокомплекса яблоневое сада // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2016;142:12-43.
- Сотник А.И., Бабина Р.Д., Танкевич В.В. Актуальные аспекты развития садоводства в республике Крым // Плодоводство и ягодоводство России. 2017;49:312-315.
- Юрин А.Н., Кострома С.П., Викторovich В.В. Обзор и анализ известных способов защиты плодовых деревьев от весенних заморозков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2022;55:75-81.
- Бурцева К.Е., Айсанов Т.С. Агротехнические мероприятия, направленные на повышение морозоустойчивости и урожайности плодовых деревьев // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2016;1(9):496-498.
- Красова Н.Г., Ожерельева З.Е., Голышкина Л.В., Макаркина М.А., Галашева А.М. Зимостойкость сортов яблони. Орел: ВНИИСПК. 2014:1-184.
- Ненько Н.И., Красова Н.Г., Артюх С.Н., Ефимова И.Л., Богданович Т.В., Сергеев Ю.И., Караваева А.В., Киселева Г.К. Морозостойкость яблони различных сроков созревания в условиях Северо-Кавказского региона // Садоводство и виноградарство. 2010;4:40-45.
- Киселева Г.К., Ненько Н.И., Мишко А.Е., Караваева А.В., Ульяновская Е.В. Физиолого-биохимическая оценка морозостойкости сортов яблони после низкотемпературного стресса//Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020;65(5):165-178. DOI 10.30679/2219-5335-2020-5-65-165-178.
- Ненько Н.И., Киселева Г.К., Ульяновская Е.В., Караваева А.В., Схалыхо Т.В. Физиолого-биохимические изменения в побегах яблони в зимне-весенний период // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2021;31:34-41. DOI 10.30679/2587-9847-2021-31-34-41.
- Ульяновская Е.В., Супрун И.И., Токмаков С.В., Ушакова Я.В. Комплексный подход к отбору ценных генотипов яблони, устойчивых к стрессовым факторам среды // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2014;25(1):11-25.
- Жукова Н.В. Интегральная оценка морозостойкости сортов яблони методом иерархий // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2016;2:26-30.
- Ожерельева З. Е., Галашева А.М., Красова Н.Г. Изучение зимостойкости яблони в контролируемых условиях // Современное садоводство. 2019;4:33-41. DOI 10.24411/2312-6701-2019-10404.
- Юшков А.Н. Селекция плодовых растений на устойчивость к абиотическим стрессорам. Мичуринск: Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина. 2019:1-332.
- Ускоренная оценка зимостойкости плодовых и ягодных культур. М.: НИЗИСНП. 1978:1-48.

23. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Седова. Орел: ВНИИСПК. 1995:1-504.
24. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс. 2014:1-352.
25. Казанцев В.П., Банкрутенко А.В. Полевой опыт и основные методы статистического анализа. Омск: Омский государственный аграрный университет. 2010:1-209.

References

1. Zemisov A.S., Saveleva N.N., Yushkov A.N., Chivilev V.V., Borzykh N.V. Columnar growth habit apple resistance to low temperature at autumn and winter period. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2020;63:70-76. DOI 10.31676/2073-4948-2020-63-70-76 (*in Russian*).
2. Sedov E.N., Sedysheva G.A., Makarkina M.A., Levgerova N.S., Serova Z.M., Korneeva S.A., Gorbacheva N.G., Salina E.S., Yanchuk T.V., Pikunova A.V., Ozhereleva Z.E. The innovations in apple genome modification opening new prospects in breeding. *Orel: Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding*. 2015:1-336 (*in Russian*).
3. Krasova N.G., Ozherelieva Z.E., Galasheva A.M. Realization of genetic potential of frost hardiness in apple hybrids of different ploidy. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017;21(2):214-221. DOI 10.18699/VJ17.239 (*in Russian*).
4. Ozherelieva Z.E., Korneeva S.A., Sedov E.N. Winter hardiness study of new columnar apple varieties of the VNIISPK breeding. *Fruit Growing*. 2022;25:335-340 (*in Russian*).
5. Ozherelieva Z.E., Prudnikov P.S. Work results of the laboratory of physiology of fruit plant resistance. *Horticulture and Viticulture*. 2015;3:29-32 (*in Russian*).
6. Khalilov E.S., Smykov A.V., Chelebiyev E.F., Uskov M.K. The degree of frost resistance of generative buds of promising breeding forms of apple trees in the conditions of the foothill zone of the Crimea. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2021;92:183-189. DOI 10.21515/1999-1703-92-183-189 (*in Russian*).
7. Yushkov A.N., Borzykh N.V., Zemisov A.S. The effect of spring frosts on the generative and vegetative organs of apple trees. *Theoretical and Applied Aspects of Modern Science*. 2015;31:116-118 (*in Russian*).
8. Shoferistov E.P., Khalilov E.S., Chelebiyev E.F., Uskov M.K., Useynov D.R., Chakalova E.A. The effect of meteorological factors on apple tree productivity in the Piedmont zone of Crimea. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2021;23(2):153-158 DOI 10.35547/IM.2021.23.2.008 (*in Russian*).
9. Sotnik A.I., Tankevich V.V., Babina R.D. Extreme weather conditions impact on the winter resistance of fruit crops in the Crimea. *Fruit Growing*. 2022;28:1:294-300 (*in Russian*).
10. Balykina E.B. Theoretical and environmental aspects of entomocaro-complex in apple garden. *Collection of Scientific Works of SNBG*. 2016;142:12-43 (*in Russian*).
11. Sotnik A.I., Babina R.D., Tankevich V.V. Actual aspects of horticulture development in the Republic of Crimea. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2017;49:312-315 (*in Russian*).
12. Yurin A.N., Kostroma S.P., Viktorovich V.V. Review and analysis of known methods for protecting fruit trees from spring frost. *Mechanization and Electrification of Agriculture*. 2022;55:75-81 (*in Russian*).
13. Burtseva K.E., Aysanov T.S. Agrotechnical activities directed on the increase in frost resistance and yield of fruit trees. *Collection of scientific works of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding*. 2016;1(9):496-498 (*in Russian*).
14. Krasova N.G., Ozherelieva Z.E., Golyshkina L.V., Makarkina M.A., Galasheva A.M. Winter hardiness of apple varieties. *Oryol: VNIISPK*. 2014:1-184 (*in Russian*).
15. Nenko N.I., Krasova N.G., Artyukh S.N., Efimova I.L., Bogdanovich T.V., Sergeev Yu.I., Karavaeva A.V., Kiseleva G.K. Frost resistance of apple trees of various maturation periods in the conditions of the North Caucasus region. *Horticulture and Viticulture*. 2010;4:40-45 (*in Russian*).
16. Kiseleva G.K., Nenko N.I., Mishko A.E., Karavaeva A.V., Ulyanovskaya E.V. Physiological and biochemical evaluation of frost resistance of apple varieties after low-temperature stress. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2020;65(5):165-178. DOI 10.30679/2219-5335-2020-5-65-165-178 (*in Russian*).
17. Nenko N.I., Kiseleva G.K., Ulyanovskaya E.V., Karavaeva A.V., Skhalyakho T.V. Physiological and biochemical changes in apple shoots in the winter-spring period. *Scientific Works of the North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking*. 2021;31:34-41 DOI 10.30679/2587-9847-2021-31-34-41 (*in Russian*).
18. Ulyanovskaya E.V., Suprun I.I., Tokmakov S.V., Ushakova Ya.V. Complex approach to selection of valuable apple's genotypes steady to stress environmental factors. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2014;25(1):11-25 (*in Russian*).
19. Zhukova N.V. Integral assessment of apple cultivars frost resistance by a hierarchical method. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2016;2:26-30 (*in Russian*).
20. Ozherelieva Z.E., Galasheva A.M., Krasova N.G. Study of apple winter hardiness under controlled conditions. *Contemporary Horticulture*. 2019;4:33-41 DOI 10.24411/2312-6701-2019-10404 (*in Russian*).
21. Yushkov A.N. Breeding of fruit plants on sustainability to abiotic stressors. *Michurinsk: I.V. Michurin FSC*. 2019:1-332 (*in Russian*).
22. Accelerated assessment of winter hardiness of fruit and berry crops. M.: VASHNIL. 1978:1-48 (*in Russian*).
23. Program and methodology of breeding fruit, berry and nut crops. Under the general editorship of E.N. Sedov. *Orel: VNIISPK*. 1995:1-504 (*in Russian*).
24. Dospekhov B.A. Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results. M.: Alliance. 2014:1-352 (*in Russian*).
25. Kazantsev V.P., Bankrutenko A.V. Field experiment and main methods of statistical analysis. *Omsk: OmSAU*. 2010:1-209 (*in Russian*).

Информация об авторе

Максим Константинович Усков, мл. науч. сотр. лаборатории селекции и сортоизучения Института садоводства Крыма; e-мэйл: m0992497215@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6228-4094>.

Information about the author

Maksim K. Uskov, Junior Staff Scientist, Laboratory of Breeding and Varietal Study, Institute of Horticulture of Crimea; e-mail: m0992497215@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6228-4094>.

Статья поступила в редакцию 08.07.2024, одобрена после рецензии 13.11.2024, принята к публикации 20.11.2024.

Особенности роста и развития деревьев черешни в зависимости от системы формирования кроны

Усейнов Д.Р.[✉], Горина В.М.

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Республика Крым, Россия

[✉]dilik.um@bk.ru

Аннотация. В статье представлены результаты многолетнего изучения особенностей развития деревьев черешни с различными типами формирования кроны в условиях предгорной зоны Крыма. Черешня является достаточно востребованной плодовой культурой. В России ее производство занимает важное место в структуре плодовой продукции. Выявление оптимальных формировок крон для интенсивных насаждений черешни проводили на подвое ВСЛ-2. Исследуемые сорта: Крупноплодная (контроль), Аннушка, Любава. В результате проведенного опыта выяснилось, что сорта в разной степени реагируют на применение различных систем ведения кроны. В силу особенностей формирования плакучей формы кроны у деревьев сортов Крупноплодная и Аннушка отмечен равномерный слабый рост побегов. Прирост в конце июля увеличился на 38,4 и 52,5 % соответственно. Определено, что растения черешни образуют от 119,4 до 146,3 побегов в зависимости от сорта и применяемой формировки. Площадь сечения штамба растений была различна в зависимости от сорта и способа формирования кроны. Максимальное значение данного признака отмечено у сорта Крупноплодная при применении уплощенного веретена – 392,3 см². В контрольном варианте (свободнорастущее веретено) площадь сечения была меньше на 2 см². Лучший результат отмечен у сорта Крупноплодная с плакучей формой кроны, которая является оптимальной для промышленного использования в интенсивных насаждениях. Наивысшая средняя урожайность в 2019–2021 гг. определена также у сорта Крупноплодная с плакучей формой кроны и составила 21,7 т/га. Применение данной формы кроны для черешни в условиях предгорной зоны Крыма является эффективной, на авторскую разработку оформлен патент под № 2793814.

Ключевые слова: черешня; сорт; формировка кроны; побеги; урожайность.

Для цитирования: Усейнов Д.Р., Горина В.М. Особенности роста и развития деревьев черешни в зависимости от системы формирования кроны // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):367-371. EDN NWMIII.

ORIGINAL RESEARCH

Features of growth and development of sweet cherry trees depending on the crown training system

Useinov D.R.[✉], Gorina V.M.

Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russia

[✉]dilik.um@bk.ru

Abstract. The article presents the results of a long-term study on the development features of sweet cherry trees with various types of crown training in the Piedmont zone of Crimea conditions. Sweet cherry is a fairly popular fruit crop. In Russia, cherry products occupy an important place in the structure of fruit production. Identification of optimal crown training for intensive plantings of sweet cherry trees was carried out on the rootstock VSL-2. The cultivars studied are 'Krupnoplodnaya' (control), 'Annushka', 'Lyubava'. As a result of the experiment, it turned out that cultivars respond to a varying degree to the use of different crown training systems. Due to the peculiarities of weeping crown training system, the trees of 'Krupnoplodnaya' and 'Annushka' varieties showed a uniform weak growth of shoots. Growth to the end of July has increased by 38.4 and 52.5 %, respectively. It was determined that sweet cherry trees produce from 119.4 to 146.3 shoots per plant, depending on the cultivar and training system used. The cross-sectional area of plant trunk was different depending on the cultivar, and a method of crown training. The maximum value of this parameter was noted in 'Krupnoplodnaya' cultivar when using the flattened spindle crown training - 392.3 cm². In the control variant (free-growing spindle), the cross-sectional area was 2 cm² less. The best result was observed in the combination of 'Krupnoplodnaya' cultivar with weeping crown training. It is optimal for industrial use in intensive gardens. The highest average cropping capacity in 2019–2021 was also shown by 'Krupnoplodnaya' cultivar with the weeping crown training, and amounted to 21.7 t/ha. The use of this crown training system for sweet cherry trees in the Piedmont zone of Crimea is effective. The author's development was patented under No. 2793814.

Key words: sweet cherry; cultivar; crown training; shoots; cropping capacity.

For citation: Useinov D.R., Gorina V.M. Features of growth and development of sweet cherry trees depending on the crown training system. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):367-371. EDN NWMIII (in Russian).

Введение

Черешня является достаточно востребованной плодовой культурой, которая пользуется спросом у потребителей. По генетическому происхождению черешня (*Prunus avium* L.) является южным видом и относится к теплолюбивым плодовым породам. В результате длительной и кропотливой работы селекционеров произошло «осеверивание» этой плодовой культуры [1, 2].

Плоды черешни ценятся благодаря своему уникальному химическому составу, в них содержатся: простые сахара (в том числе фруктоза и глюкоза) – до 15 %, аскорбиновая кислота – 5–10 мг/100 г, органические кислоты – 0,3–1,1 %, антоцианы, фенолы и другие полезные для человека вещества. Кроме этого, плоды черешни накапливают калий, фосфор, кальций, магний, железо, медь и йод. Достаточно широко известны также ее антиоксидантные свойства [3].

Согласно данным международной организации FAO и Agrarmarkt Informations-Gesellschaft (Гамбург, Германия) в мире наблюдается тенденция увеличения

площадей, занятых под эту культуру. В период с 2006 по 2016 гг. насаждения черешни увеличились с 378 до 440 тыс. га, что составляет 16 % от общей площади, занятой плодовыми культурами. Мировым лидером производства плодов черешни является Турция – до 600 тыс. т [4].

Также значительное количество плодов черешни производится в таких странах, как США, Иран, Италия, Испания, Аргентина, ЮАР, Австралия. Известно, что в Чили ежегодно собирается около 90 тыс. т плодов данной культуры, более 75–80 % их экспортируется. Основными импортёрами являются Китай, Германия и Россия [5].

В России производство черешни занимает важное место в структуре плодовой продукции. Согласно данным BusinesStat (Россия) с 2015 по 2024 гг. объем розничной торговли плодами вишни и черешни увеличится с 44 до 60 тыс. т (на 40 %), объем промышленной переработки вырос примерно в полтора раза с 101 до 159 тыс. т. Продажи вишни и черешни в секторе общественного питания увеличились с 7,7 до 8,1 тыс. т [6, 7].

Каждая зона возделывания данной ценной культуры должна иметь свой сортимент и клоновые подвои, пригодные к её погодно-климатическим условиям. Поэтому селекция сортов и подвоев, их изучение в разных условиях, технологии выращивания имеют важное значение [8, 9].

На основании вышеизложенного, целью нашего исследования является разработка наиболее эффективной формы кроны для различных сортов черешни, пригодных для интенсивных насаждений в условиях предгорной зоны Крыма.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2019–2021 гг. в опытном саду на базе «Крымской опытной станции садоводства» (ныне ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»). Объектами исследований были деревья сортов черешни, представляющие интерес для промышленного и частного садоводства в условиях предгорной зоны Крыма: Крупноплодная, Аннушка, Любава. При изучении влияния системы формирования кроны на особенности роста и развития деревьев использовали три формы кроны: свободнорастущее веретено (кон-

троль), уплощенное веретено, плакучую форму кроны. Сад посажен в 2009 г. Схема посадки – 4,5 × 2,5 м. Исследования выполнены по общепринятым методикам [10, 11].

Результаты и их обсуждение

В связи со своими физиологическими особенностями черешня является культурой с достаточно низкой побегообразовательной способностью. Для стабильного плодоношения и поддержки высокого качества получаемой продукции важным является обновление обрастающей древесины. Поэтому обеспечение формирования ежегодного прироста – ключевой момент при определении конкурентоспособности интенсивных насаждений с использованием новых технологий.

Изучение динамики роста побегов деревьев черешни проводили в период вегетации. Замеры осуществляли после фенологической фазы конца цветения и через каждые 10 дней, вплоть до прекращения роста побегов. Для получения устойчивых урожаев у деревьев ежегодно должен быть хороший рост и прирост побегов. Время прекращения роста побегов связано с закладкой цветковых почек. Дифференциация и образование цветковых почек проходит более активно у растений, которые раньше заканчивают вегетативный рост (табл. 1).

Определено, что период активного роста побегов ежегодно начинается с первой декады мая и длится в среднем до второй декады августа с отклонением в несколько дней. В результате проведенного опыта выяснилось, что разные сорта в разной степени реагируют

Таблица 1. Динамика роста побегов черешни на подвое ВСЛ-2 с различными типами формирования кроны, 2019–2021 гг.

Table 1. Dynamics of growth of cherry shoots on the rootstock VSL-2 with different crown training systems, 2019–2021

Вариант	I дек. 05	III дек. 05		III дек. 06		III дек. 07		II дек. 08
		см	прирост, %	см	прирост, %	см	прирост, %	
<i>Крупноплодная</i>								
Свободнорастущее веретено (контроль)	10,0±4,5	16,5±4,6	39,3	22,5±5,5	55,5	23,2±7,3	57,0	23,2±4,5
Уплощенное веретено	9,0±3,6	14,0±3,7	35,7	24,5±3,8	63,2	25,5±5,4	64,7	25,5±3,5
Плакучая форма кроны	6,0±2,9	8,6±4,3	30,2	9,5±4,1	36,8	9,8±5,1	38,4	9,8±4,1
<i>Любава</i>								
Свободнорастущее веретено (контроль)	10,5±4,5	18,2±4,2	42,3	23,3±3,6	54,9	24,5±3,5	57,1	24,5±4,3
Уплощенное веретено	10,0±4,6	16,5±2,9	39,3	24,1±3,4	58,5	25,3±4,4	60,5	25,3±3,9
Плакучая форма кроны	13,5±2,1	19,0±4,3	28,9	30,5±4,5	55,7	32,2±5,2	58,1	32,2±2,1
<i>Аннушка</i>								
Свободнорастущее веретено (контроль)	13,2±4,3	24,0±4,5	44,8	35,0±3,3	62,1	54,5±3,4	75,6	54,5±2,2
Уплощенное веретено	12,5±4,5	20,24,6±	39,0	39,0±1,3	67,9	39,5±4,4	68,3	39,5±4,2
Плакучая форма кроны	7,0±1,9	10,5±1,6	33,3	14,6±1,4	52,0	14,8±4,2	52,5	14,8±2,3

на применение различных систем ведения кроны. При формировании уплощенного веретена у деревьев сортов Крупноплодная и Любава длина побегов больше на 4,0 и 10,0 %, чем при формировании свободнорастущего веретена, и составляет в среднем до 25,5 см, а общий прирост за вегетацию увеличивается на 60,5 и 64,7 % соответственно. Наиболее активный рост побегов наблюдали у сорта Аннушка при формировании свободнорастущего веретена, который составил 54,5 см, а общий прирост побегов к началу августа увеличился на 75,6 %. В силу особенностей формирования плакучей формы кроны у деревьев сортов Крупноплодная и Аннушка отмечен равномерный слабый рост побегов. Прирост в конце июля увеличился на 38,4 и 52,5 % соответственно.

Ежегодные агротехнические мероприятия, в том числе и весенняя обрезка, направлены на рациональное использование физиологических особенностей организма растения. Поэтому применение различных способов ведения кроны направлено в первую очередь на стимулирование формирования обрастающей древесины и способствует её рациональному расположению в кроне (табл. 2).

Определено, что растения черешни формируют от 119,4 до 146,3 побегов в зависимости от сорта и применяемой формировки. Важно отметить, что у сорта Крупноплодная наибольшее количество побегов (133,6 шт.) и при этом наименьшая длина побега (29,3 см) получены в сочетании с плакучей формой кроны. Такая же тенденция выявлена у деревьев других исследуемых сортов. Определено, что у сорта Крупноплодная сформировано на 19,1 % меньше совокупного прироста у растений с плакучей формой кроны по сравнению со свободнорастущим веретеном (контроль). У сорта Любава наибольшие показатели суммарного прироста получены в контроле – 62,5 м/дерево. Применение плакучей формы кроны позволило снизить данный показатель до 16,6 %, а уплощенного веретена – до 21,2 %.

У сорта Аннушка количество побегов находилось в пределах от 125,9 до 139,4 шт./дерево, а их длина от 41,2 до 30,4 м. В контрольном варианте сформировано 51,9 м суммарного прироста. Применение перспективных систем формирования кроны позволило снизить данный показатель на 18,3 (уплощенное веретено) и 18,5 % (плакучая форма кроны).

Согласно многочисленным исследованиям отечественных и зарубежных ученых, определено, что площадь поперечного сечения штамба является важным показателем, который наиболее объективно отображает силу роста плодовых деревьев, а увеличение штамба – динамику ростовых процессов по годам. Изучали активность ростовых процессов деревьев черешни на подвое ВСЛ-2 (табл. 3).

Таблица 2. Суммарный годовой прирост деревьев черешни на подвое ВСЛ-2 с различными типами формирования кроны, 2019–2021 гг.

Table 2. The total annual growth of sweet cherry trees on the rootstock VSL-2 with different types of crown training, 2019–2021

Тип формирования кроны	Среднее количество однолетних побегов, шт./дер.	Средняя длина однолетнего побега, см	Суммарный годовой прирост		
			на одном дереве, м	по отношению к контролю, %	отклонение, %
<i>Крупноплодная</i>					
Свободнорастущее веретено (контроль)	120,6±11,3	40,1±3,2	48,3±1,5	100	-
Уплощенное веретено	119,4±8,4	36,5±4,3	43,6±2,0	90,2	-9,8
Плакучая форма кроны	133,6±7,6	29,3±5,1	39,1±1,3	80,9	-19,1
<i>Любава</i>					
Свободнорастущее веретено (контроль)	141,9±9,9	44,3±4,3	62,5±2,1	100	-
Уплощенное веретено	125,6±7,6	39,8±4,3	49,9±1,8	79,8	-21,2
Плакучая форма кроны	146,3±8,5	35,6±5,7	52,1±1,5	83,4	-16,6
<i>Аннушка</i>					
Свободнорастущее веретено (контроль)	125,9±6,4	41,2±8,3	51,9±1,1	100	-
Уплощенное веретено	126,4±5,9	33,6±6,9	42,4±1,9	81,7	-18,3
Плакучая форма кроны	139,4±7,7	30,4±7,3	42,3±1,3	81,5	-18,5

Определено, что площадь сечения штамба была различна в зависимости от сорта и способа формирования кроны. Отмечено, что максимальное значение данного признака у сорта Крупноплодная получено при применении уплощенного веретена – 392,3 см². При применении контрольной формировки (свободнорастущее веретено) площадь сечения была меньше на 2 см². При формировании насаждений интенсивного типа лучший результат получен в варианте Крупноплодная/плакучая форма – 317 см². У сортов Любава и Аннушка так же отмечен минимальный показатель данного признака в сочетании с плакучей формой кроны (300,1 и 298,3 см² соответственно). Данный факт свидетельствует о том, что применение данной системы ведения кроны снижает силу роста деревьев черешни в период полного плодоношения. Данные увеличения площади сечения штамба позволяют судить о степени ростовых процессов. Выявлено, что прирост диаметра штамба варьировал от 14,3 до 42,8 см².

При подборе оптимальных схем размещения деревьев в саду важную роль играет определение площади проекции кроны и объема кроны. Данные показатели сильно варьировались в зависимости от сорта и способа ведения кроны. Максимальное значение площади проекции кроны отмечено в варианте Аннушка/уплощенное веретено (9,9 м²), минимальное – Крупноплодная/плакучая форма кроны (7,3 м²).

Оценка эффективности использования отведенной

площади питания горизонтальной проекцией кроны в 14-летнем возрасте показала, что деревья черешни сорта Крупноплодная в зависимости от способа ведения кроны освоили площадь питания в разной степени. Максимальная (81,1 %) выявлена при формировании кроны свободнорастущее веретено, минимальная (65,1 %) – в варианте с плакучей формой кроны.

Для сорта Любава отмечено незначительное колебание данного признака (КИГПК – 82,9–85,9 %). Предлагается уплотнение насаждений на 15 %. Сорт Аннушка также имеет незначительное различие в степени освоения отведенной площади питания. Для данного сорта возможно уплотнение насаждений до 17 %.

Применение различных типов обрезки и формирования кроны деревьев способствует изменению параметров их роста, в результате которых можно судить о пригодности той или иной формы кроны к условиям интенсификации производства черешневых насаждений (табл. 4).

Наивысшая средняя урожайность в насаждениях с 2019 по 2021 г. отмечена у сорта Крупноплодная и составила 21,7 т/га (плакучая форма кроны), 19,5–20,7 т/га – с другими вариантами формирования кроны. Показатели урожайности у сорта Любава – 15,7 т/га (уплощенное веретено), в других вариантах – 8,9–6,6 т/га. Несколько ниже получена урожайность в насаждениях сорта Аннушка (на уровне 5,2–5,6 т/га), что связано с невысокой устойчивостью данного сорта к заморозкам).

Выводы

На основании выполненной работы определены различия в росте и развитии деревьев черешни в зависимости от типа формирования кроны.

Определено, что применение перспективных систем формирования кроны уменьшает суммарный прирост побегов у сорта Крупноплодная на 9,8 % (уплощенное веретено) – 19,1 % (плакучая форма кроны); у сорта Любава на 21,1 % (уплощенное веретено) – 16,6 % (плакучая форма кроны); у сорта Аннушка на 18,3 % (уплощенное веретено) – 18,5 % (плакучая форма кроны).

Эффективность использования отведенной площади питания показала, что деревья черешни сорта Крупноплодная в зависимости от способа ведения кроны освоили площадь питания в разной степени. Минимальная (65,1 %) выявлена в сочетании с плакучей формой кроны, что позволит уплотнить насаждения до 35 %. Для сорта Любава в вариантах с применением перспективных форм кроны отмечено незначительное колебание данного признака (КИГПК – 82,9–85,9 %). Рекомендовано уплотнение насаждений на 15 %. Сорт Аннушка также имеет небольшие различия в степени освоения отведенной площади питания. Для данного сорта возможно уплотнение насаждений до 17 %.

Установлено, что при формировании плакучей формы кроны образуется наибольшее количество побегов (133,6–146,3 шт.) меньшей длины (29,3–35,6 см), что является важным показателем при закладке садов интенсивного типа. Выявлено увеличение урожайно-

Таблица 3. Активность ростовых процессов у деревьев черешни на подвое ВСЛ-2, 2019–2021 гг.

Table 3. Activity of growth processes in sweet cherry trees on the rootstock VSL-2, 2019–2021

Форма кроны	Площадь поперечного сечения штамба, см ²		Проекция кроны, м ²	Объем кроны, м ³	КИГПК, %
	средняя	прирост за год			
<i>Крупноплодная</i>					
Свободнорастущее веретено (контроль)	390,3	18,9	9,1	20,7	81,1
Уплощенное веретено	392,3	29,7	8,7	18,2	77,4
Плакучая форма кроны	317,2	23,8	7,3	10,4	65,1
НСР ₀₅	64,5		2,0	3,4	
<i>Любава</i>					
Свободнорастущее веретено (контроль)	398,8	42,8	9,5	22,1	84,3
Уплощенное веретено	357,4	14,3	9,3	21,2	82,9
Плакучая форма кроны	300,1	20,07	9,7	15,7	85,9
НСР ₀₅	8,9		F _ф <F ₀₅	1,2	
<i>Аннушка</i>					
Свободнорастущее веретено (контроль)	347,3	21,2	9,8	26,1	86,6
Уплощенное веретено	356,7	24,6	9,9	18,9	83,9
Плакучая форма кроны	298,3	24,6	9,4	14,1	83,3
НСР ₀₅	9,77		F _ф <F ₀₅	3,7	

Примечание: КИГПК – коэффициент использования горизонтальной проекции кроны, %

Таблица 4. Урожайность деревьев черешни в зависимости от способа формирования кроны, 2019–2021 гг.

Table 4. Cropping capacity of sweet cherry trees depending on the method of crown training, 2019–2021

Форма кроны	Цветение, балл	Полезное завязывание, %	Урожайность	
			кг/дер.	т/га
<i>Крупноплодная</i>				
Свободнорастущее веретено (контроль)	4,8	39,4	23,4	20,7
Уплощенное веретено	4,8	36,2	22,03	19,5
Плакучая форма кроны	4,9	46,5	24,5	21,7
НСР ₀₅	-	-	2,17	0,53
<i>Любава</i>				
Свободнорастущее веретено (контроль)	4,6	32,1	7,5	6,6
Уплощенное веретено	4,9	37,8	17,7	15,7
Плакучая форма кроны	4,8	34,2	9,6	8,9
НСР ₀₅	-	-	1,4	1,3
<i>Аннушка</i>				
Свободнорастущее веретено (контроль)	4,9	22,1	5,8	5,2
Уплощенное веретено	5,0	19,6	6,2	5,5
Плакучая форма кроны	5,0	22,3	6,3	5,6
НСР ₀₅		-	1,15	0,1

сти растений черешни в этом варианте по сравнению с контролем на 0,4–2,4 т/га. Применение данной формы кроны для черешни в условиях предгорной зоны Крыма является эффективной, на авторскую разработку оформлен патент под № 2793814.

Источник финансирования

Исследования выполнены в рамках государственного задания № FNNS 2022 0005.

Financing source

The research was conducted under public assignment No. FNNS 2022 0005.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Астахов А.А., Мисникова Н.В. Сила роста и продуктивность черешни на вегетативных подвоях // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2016;3(1):13-16.
2. Козловская З.А., Полубятко И.Г. Активность порослеобразования деревьев вишни и черешни на клоновых подвоях // Современное садоводство. 2017;1(21):45-51. DOI 10.24411/2218-5275-2017-00007.
3. Бабинцева Н.А., Усейнов Д.Р. Влияние формы кроны на архитектуру корневой системы деревьев черешни (*Prunus avium* L.) на подвое ВСЛ-2 // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2020;7(1-2):18-21. DOI 10.24411/2500-0454-2020-11204.
4. Лукичева Л.А., Черненко Л.А. Некоторые итоги селекционных исследований по черешне в Крыму // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2022;144:139-146. DOI 10.36305/0513-1634-2022-144-139-146.
5. Ноздрачева Р.Г., Непушкина Е.В. Сорто-подвойные комбинации черешни для промышленного садоводства ЦЧР // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2018;5(1):86-89.
6. Лукичева Л.А., Черненко Л.А. Биологические и хозяйственные особенности интродуцированных в Крым сортов черешни // Плодоводство и ягодоводство России. 2019;58:44-51. DOI 10.31676/2073-4948-2019-58-44-51.
7. Проворченко А.В., Варфоломеева Н.И. Эффективность насаждений черешни на клоновом подвое ВСЛ-2 с различной плотностью посадки деревьев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014;97:917-927.
8. Астахов А.А., Мисникова Н.В. Рост и продуктивность черешни на вегетативно-размножаемых подвоях // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2018;5(1):7-9.
9. Чарьев М., Юсубов А., Башимов Б. К вопросу о

правильности возделывания, удобрения и обрезания черешни // Вестник науки. 2023;9(66):350-355.

10. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Г.А. Лобанова. Мичуринск: ВНИИС. 1973:1-496.

11. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Седова, Т.Г. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК. 1999:1-606.

References

1. Astakhov A.A., Misnikova N.V. Vigor and productivity of sweet cherry trees on vegetative rootstocks. Selection and Variety Cultivation of Horticultural Crops. 2016;3(1):13-16 (in Russian).
2. Kazlouskaya Z.A., Palubiatska I.G. Active appearance of overgrown of cherries trees on clonal rootstocks. Contemporary Horticulture. 2017;1(21):45-51. DOI 10.24411/2218-5275-2017-00007 (in Russian).
3. Babintseva N.A., Useinov D.R. Influence of the crown shape on the architectonics of the root system of cherry trees (*Prunus avium* L.) on the stock of VSL-2. Selection and Variety Cultivation of Horticultural Crops. 2020;7(1-2):18-21. DOI 10.24411/2500-0454-2020-11204 (in Russian).
4. Lukicheva L.A., Chernen'ky L.A. Some results of sweet cherry breeding in the Crimea. Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. 2022;144:139-146. DOI 10.36305/0513-1634-2022-144-139-146 (in Russian).
5. Nozdracheva R.G., Nepushkina E.V. Cherry variety-rootstock combinations for industrial gardening of the central chernozem region. Selection and Variety Cultivation of Horticultural Crops. 2018;5(1):86-89 (in Russian).
6. Lukicheva L.A., Chernen'ky L.A. Biological and economic peculiarities of cherry varieties introduced to Crimea. Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia. 2019;58:44-51. DOI 10.31676/2073-4948-2019-58-44-51 (in Russian).
7. Provorchenko A.V., Varfolomeeva N.I. The efficiency of plantations of sweet cherry on the clonal rootstocks AFL-2 with different density of planting trees. Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2014;97:917-927 (in Russian).
8. Astakhov A.A., Misnikova N.V. Sweet cherry growth and productivity at vegetative-propagated rootstocks. Selection and Variety Cultivation of Horticultural Crops. 2018;5(1):7-9 (in Russian).
9. Charyev M., Yusubov A., Bashimov B. The question of the correctness of cultivation, fertilizers and cherry pruning. Bulletin of Science. 2023;9(66):350-355 (in Russian).
10. Program and methodology of varietal study of fruit, berry and nut crops. Under the general editorship of G.A. Lobanov. Michurinsk: VNIIS. 1973:1-496 (in Russian).
11. Program and methodology of sorting fruit, berry and nut crops. Under the general editorship of E.N. Sedov, T.G. Ogoltsova. Oreel: VNIISPK. 1999:1-606 (in Russian).

Информация об авторах

Дильвер Рашидович Усейнов, аспирант, науч. сотр. лаборатории технологий выращивания плодовых культур Института садоводства Крыма; e-мэйл: Dilik.um@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7030-8551>;

Валентина Милентьевна Горина, д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр., вед. науч. сотр. лаборатории южных плодовых и орехоплодных культур; e-мэйл: valgorina@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1279-8959>.

Information about authors

Dilyaver R. Useinov, Postgraduate, Staff Scientist, Laboratory of Fruit Cultivation Technologies, Institute of Horticulture of Crimea; e-mail: Dilik.um@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7030-8551>;

Valentina M. Gorina, Dr. Agric. Sci., Senior Staff Scientist, Leading Staff Scientist, Laboratory of Southern Fruit and Nut Crops; <https://orcid.org/0000-0002-1279-8959>.

Статья поступила в редакцию 24.07.2024, одобрена после рецензии 04.09.2024, принята к публикации 20.11.2024.

УДК 634.13.073:581.162.32
EDN PBWODZ

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Взаимоопыляемость и самоплодность новых сортов груши селекции Никитского ботанического сада и Крымской опытной станции садоводства

Бабина Р.Д., Чакалова Е.А., Коваленко О.В.✉

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Республика Крым, Россия

✉k.v.osia@mail.ru

Аннотация. Современное садоводство требует постоянного обновления сортимента плодовых культур, в том числе и груши. Большинство возделываемых сортов груши являются самобесплодными. Для формирования высоких урожаев в промышленных насаждениях необходимы знания по перекрестной опыляемости сортов. Исследования по изучению взаимоопыляемости, выявлению лучших опылителей и степени самоплодности вновь районированных сортов этой культуры являются весьма актуальными, поэтому целью наших исследований было выявление лучших и допустимых опылителей для вновь районированных сортов груши. В статье представлены результаты 3-х летних данных по вопросам опыления новых сортов селекции Никитского ботанического сада и Крымской опытной станции садоводства, включенных в Госреестр селекционных достижений в 2022–2023 гг. – Очарование Лета, Лучистая, Рада и Дива. Исследования проводились в коллекционных насаждениях, расположенных на отделении «Крымская опытная станция садоводства ФГБУН «НБС-ННЦ». За период исследований в опыте по подбору опылителей опылено более 30 тыс. цветков, выполнено 53 комбинации скрещивания. Определены сроки цветения изучаемых сортов, отмечена высокая жизнеспособность пыльцы – 54,3–73,2 %, за исключением сорта Конференция – 36,8 %. Выявлены лучшие и допустимые опылители для вновь районированных сортов. В ходе исследования полной интерстерильности среди изучаемых сортов не обнаружено. Установлено, что сорта Очарование Лета, Лучистая, Дива и Рада обладают частичной самоплодностью. Полученные данные могут быть использованы при составлении проектов на закладку промышленных насаждений груши в качестве дополнительных критериев оценки сорта.

Ключевые слова: груша; сорт; опылители; самоплодность; пыльца.

Для цитирования: Бабина Р.Д., Чакалова Е.А., Коваленко О.В. Взаимоопыляемость и самоплодность новых сортов груши селекции Никитского ботанического сада и Крымской опытной станции садоводства // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):372-378. EDN PBWODZ.

ORIGINAL RESEARCH

Cross-pollination and self-fertility of new pear varieties bred by the Nikitsky Botanical Garden and Crimean Experimental Horticulture Station

Babina R.D., Chakalova E.A., Kovalenko O.V.✉

Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russia

✉k.v.osia@mail.ru

Abstract. Modern gardening requires constant renewal of fruit crops assortment, including pears. Most cultivated pear varieties are self-sterile. To provide high yields in industrial plantations, knowledge on cross-pollination of varieties is necessary. In this regard, studies on cross-pollination, identification of the best pollinators and the degree of self-fertility of newly zoned varieties of this crop are very relevant. For this reason, the goal of our research was to identify the best and acceptable pollinators for newly zoned pear varieties. The article presents the results of 3 years of data on the pollination of new varieties bred by the Nikitsky Botanical Garden and Crimean Experimental Horticulture Station, included in the State Register of Breeding Achievements in 2022–2023 – ‘Ocharovaniye Leta’, ‘Luchistaya’, ‘Rada’ and ‘Diva’. The research was carried out in collection plantings located in the Department of Crimean Experimental Horticulture Station of the FSBSI NBS-NSC. During the research period in the experiment on selecting of pollinators, more than 30 thousand flowers were pollinated, 53 crossing combinations were performed. The flowering periods of the studied varieties were determined, high pollen viability was observed - 54.3–73.2%, with the exception of ‘Konferentsiya’ variety - 36.8%. The best and acceptable pollinators for newly zoned varieties were identified. During the study, no complete intersterility was found among the studied varieties. It is established that the varieties ‘Ocharovaniye Leta’, ‘Luchistaya’, ‘Diva’ and ‘Rada’ have a partial self-fertility. The data obtained can be used in projecting the industrial pear plantations as additional criteria for assessing a variety.

Key words: pear; variety; pollinators; self-fertility; pollen.

For citation: Babina R.D., Chakalova E.A., Kovalenko O.V. Cross-pollination and self-fertility of new pear varieties bred by the Nikitsky Botanical Garden and Crimean Experimental Horticulture Station. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):372-378. EDN PBWODZ (in Russian).

Введение

подавляющее большинство сортов груши обладают высокой самостерильностью, т.е. они практически не способны завязывать плоды от опыления цветков собственной пылью. Для формирования

полноценных урожаев в промышленных насаждениях требуется посадка нескольких взаимоопыляемых сортов, отличающихся хорошей пыльцевой продуктивностью, синхронными сроками цветения и созревания. Поэтому в комплексе агротехнических мероприятий по повышению урожайности большое значение уделяется правильному подбору сортов-опылителей [1–2]. Значительный интерес для современных садов

интенсивного типа представляют самоплодные сорта, обладающие способностью формировать плоды без перекрестного опыления. Урожайность таких сортов в меньшей степени зависит от погодных условий и присутствия в саду насекомых-опылителей во время цветения. Кроме того, наличие самоплодных сортов позволяет закладывать моносортные посадки, что значительно упрощает уход за насаждениями и снижает затраты на выращивание плодов [3–5].

В Крыму вопросами взаимоопыляемости и самоплодности груши занимались многие ученые, среди них Карачарова Л.П., Гриненко Н.Н., Дуганова Е.А., ими выявлены опылители и определена степень самоплодности в основном для сортов зарубежной селекции.

Постоянное обновление районированного сортамента груши является одной из актуальнейших проблем современного садоводства. В результате многолетних исследований селекционерами ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН» и Крымской опытной станции садоводства (ныне ФГБУН «Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН») создано более 100 сортов груши, из них 20 включены в Государственный реестр селекционных достижений.

С появлением в районированном сортименте новых отечественных сортов особое значение приобретают исследования по изучению вопросов их взаимоопыляемости и выявлению лучших опылителей.

На Крымской опытной станции садоводства селекционерами Бабиной Р.Д., Хоружим П.Г. и др. с 1979 по 2014 гг. выделены лучшие опылители и установлена степень самоплодности для 28 районированных и перспективных сортов селекции станции [6–9].

В последние годы (2015–2023 гг.) в Никитском ботаническом саду созданы и введены в Государственный реестр новые сорта груши – Рада, Дива, Лучистая, Очарование Лета, требующие изучения их перекрестного опыления и самоплодности.

В связи с этим целью наших исследований было выявление лучших опылителей и установление степени самоплодности для вновь районированных сортов груши селекции Никитского ботанического сада.

Материалы и методы исследования

Исследования по подбору опылителей и самоплодности груши проводились в коллекционных насаждениях отделения «Крымская опытная станция садоводства» в 2018, 2021–2022 гг. Объектами изучения стали четыре сорта груши селекции Никитского ботанического сада и Крымской опытной станции садоводства, включенных в Госреестр в 2022–2023 гг. Ниже приводится краткая характеристика опыляемых сортов груши.

Очарование Лета (рис. 1). Сорт летнего срока созревания, получен от свободного опыления селекционной формы 65-11 (Деканка Зимняя × Верте). В пору плодоношения вступает на третий год после посадки, урожайность средняя – 15 т/га, максимальная – 51 т/га, отличается хорошей зимо- и засухоустойчивостью, устойчивостью к парше и термическому



Рис. 1. Сорт груши Очарование Лета
Fig. 1. Pear variety 'Ocharovaniye Leta'



Рис. 2. Сорт груши Лучистая
Fig. 2. Pear variety 'Luchistaya'

ожогу листьев. Плоды яркоокрашенные, высоких товарных и вкусовых качеств. Цветет в средние сроки.

Лучистая (рис. 2). Сорт осеннего срока созревания, получен от скрещивания сорта Деканка Зимняя со смесью сортов (Жанна д'Арк, Витчизняна, Бере Боск, Фелпс, Бере Арданпон). В пору плодоношения вступает с трехлетнего возраста, урожайность средняя – 30 т/га, максимальная – 40 т/га, устойчив к парше и термическому ожогу листьев. Плоды обладают высокими товарными и вкусовыми качествами. Цветет в среднепоздние сроки.

Рада (рис. 3). Сорт осеннего срока созревания, получен от свободного опыления сорта Оливье де Серр. В пору плодоношения вступает на третий-четвертый год после посадки в сад, урожайность высокая и стабильная: средняя – 24 т/га, максимальная – 46 т/га, отличается хорошей зимо- и засухоустойчивостью, устойчивостью к парше и термическому ожогу листьев. Плоды высоких товарных и вкусовых качеств. Цветет в средние сроки.



Рис. 3. Сорт груши Рада
Fig. 3. Pear variety 'Rada'



Рис. 4. Сорт груши Дива
Fig. 4. Pear variety 'Diva'

Дива (рис. 4). Сорт зимнего срока созревания, получен на Крымской опытной станции садоводства от свободного опыления сорта Оливье де Серр. В плодоношение вступает на третий год, высокоурожайный (35–40 т/га), отличается высокой зимо- и засухоустойчивостью, устойчивостью к парше и термическому ожогу листьев. Плоды высоких товарных и вкусовых качеств. Цветет в средние сроки.

В качестве опылителей привлекали 21 сорт отечественной и зарубежной селекции. Варианты опыта включали: естественное свободное опыление (контроль), естественное самоопыление и опыление пыльцой отдельно взятых сортов. По каждой комбинации скрещивания опыляли не менее 200 цветков. Изоляцию бутонов проводили за 2–3 дня до их распускания. В качестве изоляторов применяли марлевые рукава. В варианте «свободное опыление» цветки не изолировали. Пыльцу собирали за 1–2 дня до распускания цветков. Опыление выполняли в первые дни массового цветения. Через 15–20 дней после опыления осуществляли первую, а через месяц – вторую ревизию завязавшихся плодов. Снимали опытные плоды при наступлении съемной зрелости. Опыты по каждой комбинации опыления проводили на протяжении трех лет.

При оценке сортов-опылителей лучшими опылителями считали те сорта, которые обеспечили процент завязавшихся плодов выше контроля, равный или близкий к нему. Контролем было количество плодов, образованных в результате свободного опыления. Сорта, обеспечивающие завязывание плодов на 60–70 % по отношению к контролю, отнесены к допустимым опылителям. К самообесплодным относили сорта, которые при самоопылении совсем не завязывали плоды или давали очень низкое завязывание – до 20 % от формирования плодов при свободном опылении. Частично самоплодными считали сорта, завязавшие при самоопылении от 20 до 50 % плодов по отношению к контролю. Сорта, у которых самоопыление обеспечивало завязывание, близкое к контрольному варианту, относили к самоплодным.

Жизнеспособность пыльцы сортов и форм груши определяли при ее прорастивании в 15 %-ном растворе сахарозы и подсчетом количества проросших пыльцевых зерен через сутки методом Голубинского И.Н. [13].

Коллекционные насаждения заложены в 2000–2001 гг., подвой – айва ВА-29, схема посадки – 2,5 × 1,5 м, орошение – стационарное, капельное. Формировка – стройное веретено. Почва в саду содержится под черным паром, агротехника – общепринятая для данного района.

Территория хозяйства, где проводились исследования, относится к Нижнему предгорному агроклиматическому району. Климат засушливый с короткой, мягкой зимой, которая сменяется оттепелями, а также возвратными весенними заморозками. В летний сезон максимальная температура воздуха поднимается до +26...28 °С, абсолютный максимум достигает +40 °С. Часто бывают суховеи, количество их может превышать 30–35 дней. Среднемесячная температура января составляет минус 1,4 °С, февраля – минус 0,2 °С, минимум достигает показателей –27...–32 °С. За период вегетации выпадает 240 мм осадков, за год – 480 мм. Сумма эффективных температур выше 10 °С – от 3328 до 3830 °С. Безморозный период – 170–180 дней. Первые заморозки осенью отмечают в конце октября, последние весенние – в конце апреля-начале мая. В годы исследования весенние заморозки в период цветения наблюдались в 2021 г. (–1,9 °С) и в 2022 г. (–1,6 °С).

Результаты и их обсуждение

Известно, что сроки прохождения основных фенологических фаз развития плодовых растений варьируют в зависимости от погодных условий, генетических особенностей сорта и района произрастания. По многолетним данным в Крыму груша начинает цвести во второй декаде апреля [14]. В период исследований самым ранним этот процесс зафиксирован в 2018 г. (11.04), а наиболее поздним – в 2021 г. (24.04), при достижении суммы эффективных температур – 174,6±21,7; 184,7±11,0 соответственно (рис. 5). Продолжительность цветения сортов груши в 2018 г. составила 8 дней, в 2021 г. – 11, в 2022 г. – 17.

По срокам цветения изучаемые сорта определены в три группы: раннецветущие – Таврическая, Изюминка Крыма; среднецветущие – Вильямс, Конференция, Лучистая, Любимица Клаппа, Мрия, Ноябрьская, Очарование Лета, Рада, Рассвет, Глория, Даниэла, Надежда, Крымчанка; поздноцветущие – Мария, Якимовская, Бере Боск, Дива, Десертная, Изумрудная.

Для эффективного опыления важным условием является совпадение сроков цветения у опыляемого сорта и опылителя. По нашим данным период массового цветения у изучаемых сортов груши совпадает и длится 2–3 дня.

Немаловажное значение при оплодотворении груши имеет жизнеспособность пыльцевых зерен. Анализ пыльцы, проращиваемой в 15 %-ном водном растворе сахарозы, показал, что в среднем за три года, большинство изучаемых сортов имели высокий уровень жизнеспособности – 54,3–73,2 %, за исключением сорта Конференция – 36,8 %.

За период исследований (2018, 2021, 2022 гг.) в опыте по подбору опылителей опылено более 30 тыс. цветков, выполнено 53 комбинации скрещивания. В среднем по всем сортам процент завязывания плодов составил 10,1. Наибольшим он был в 2021 г. (10,9 %), наименьшим – в 2022 г. (8,9 %). Завязываемость плодов по отношению к контролю в 2018 г. варьировала от 5,1 (Лучистая × Конференция) до 18,3 % (Рада × Дива); в 2021 г. – от 5,1 (Дива × Конференция) до 18,7 % (Дива × Якимовская); в 2022 г. от 4,3 (Дива × Изумрудная) до 14,6 % (Рада × Мария) (табл.).

На основании анализа результатов скрещиваний нами выделены лучшие и допустимые сорта-опылители для новых сортов селекции Никитского ботани-

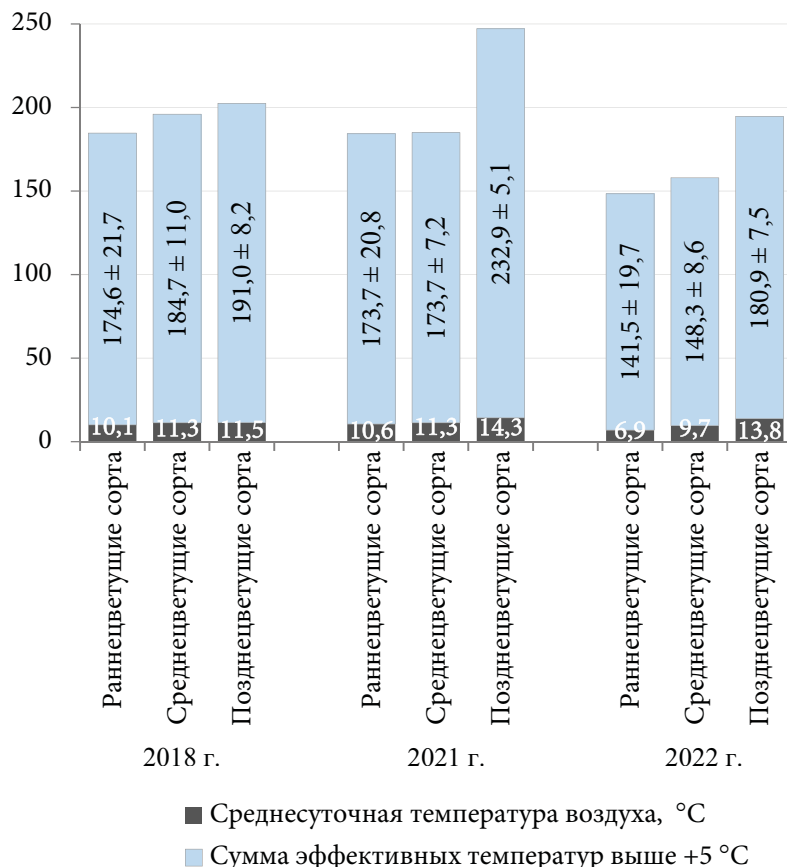


Рис. 5. Метеорологические показатели на период начала цветения груши, 2018, 2021–2022 гг.

Fig. 5. Meteorological indicators for the period of pear flowering beginning, 2018, 2021–2022

ческого сада.

Для сорта Очарование Лета лучшими опылителями являются сорта Вильямс, Глория Десертная, Дива, Мрия. Допустимыми опылителями определены сорта Любимица Клаппа, Лучистая, Рассвет.

По сорту Лучистая в качестве лучших опылителей выделены сорта Якимовская, Десертная, Изюминка Крыма, Изумрудная, Мария, Надежда, Крымчанка,

Таблица. Результаты взаимоопыляемости и самоплодности сортов груши, 2018, 2021–2023 гг.

Table. Results of cross-pollination and self-fertility of pear varieties, 2018, 2021–2023

Опыляемый сорт (♀)	Сорт-опылитель (♂)	Процент завязывания плодов по годам			Среднее	Процент завязавшихся плодов по отношению к контролю
		2018	2021	2022		
Очарование Лета	Любимица Клаппа	5,8	7,4	8,3	7,2	85,7
	Вильямс	7,2	10,4	9,1	8,9	105,9
	Глория	8,1	10,9	11,4	10,2	121,4
	Лучистая	6,0	8,1	7,4	7,2	85,7
	Рассвет	5,0	5,8	4,9	5,2	61,9
	Десертная	7,5	10,6	8,9	9,0	107,1
	Дива	7,2	11,9	8,4	9,2	109,5
	Мрия	6,3	12,7	9,1	9,4	111,9
	Очарование Лета (самоопыление)	1,9	2,4	3,0	2,4	28,6
Свободное опыление (контроль)		6,7	11,2	7,3	8,4	100,0
НСР ₀₅		1,2	2,3	1,7	1,7	23,5

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7
Лучистая	Очарование Лета	9,7	10,4	8,6	9,6	78,0
	Якимовская	15,8	13,5	10,4	13,2	107,3
	Десертная	14,0	15,7	8,8	12,8	104,1
	Бере Боск	9,1	8,3	7,5	8,3	67,5
	Изюминка Крыма	15,2	12,6	13,0	13,6	110,6
	Изумрудная	12,9	14,2	10,7	12,6	102,4
	Таврическая	8,6	7,4	5,2	7,1	57,7
	Мария	16,3	14,1	9,9	13,4	108,9
	Мрия	10,4	11,5	7,8	9,9	80,5
	Конференция	5,1	6,9	4,4	5,5	44,7
	Ноябрьская	9,5	6,3	5,1	7,0	56,9
	Надежда	11,8	14,0	10,6	12,1	98,4
	Рада	15,7	14,8	10,2	13,6	110,6
	Крымчанка	12,9	15,3	11,5	13,2	107,3
	Дива	13,6	14,1	12,4	13,4	108,9
Свободное опыление(контроль)		14,9	12,6	9,3	12,3	100,0
НСР₀₅		1,9	1,7	1,5	1,6	15,8
Рада	Очарование Лета	15,9	14,2	10,3	13,5	103,1
	Якимовская	14,0	12,8	11,2	12,7	96,9
	Десертная	15,7	13,9	9,9	13,2	100,8
	Бере Боск	17,3	12,6	11,4	13,8	105,3
	Изюминка Крыма	12,5	10,3	8,7	10,5	80,1
	Изумрудная	14,7	15,7	11,8	14,1	107,6
	Таврическая	16,2	14,5	9,1	13,3	101,5
	Мария	17,4	12,8	14,6	14,9	113,7
	Мрия	14,1	11,3	8,2	11,2	85,5
	Лучистая	9,3	14,0	8,8	10,7	81,7
	Конференция	6,2	8,2	5,4	6,6	50,4
	Ноябрьская	14,3	12,6	4,7	10,5	80,1
	Надежда	15,1	14,7	8,3	12,7	96,9
	Крымчанка	12,9	15,6	12,0	13,5	103,0
	Дива	18,3	12,5	10,2	13,7	104,6
Рада (самоопыление)		6,7	6,4	7,3	6,8	51,9
Свободное опыление(контроль)		16,1	13,5	9,6	13,1	100,0
НСР₀₅		1,8	1,3	1,3	1,4	10,3
Дива	Очарование Лета	10,2	7,3	8,1	8,5	83,3
	Якимовская	14,5	18,7	9,1	14,1	138,2
	Десертная	13,6	11,4	10,4	11,8	115,7
	Даниэла	9,9	9,0	10,6	9,8	96,1
	Изюминка Крыма	13,1	12,8	9,7	11,9	116,7
	Изумрудная	9,9	8,2	4,3	7,5	73,5
	Таврическая	12,4	8,4	8,9	9,9	97,0
	Мария	13,9	10,5	12,4	12,3	120,6
	Мрия	10,7	7,9	8,0	8,8	86,3
	Лучистая	11,2	8,4	7,0	8,9	87,2
	Конференция	6,5	5,1	6,3	6,0	58,8
	Ноябрьская	9,8	11,7	9,8	10,4	101,9
	Надежда	8,6	10,3	5,4	8,1	79,4
	Рада	15,4	11,6	12,1	13,0	127,4
	Крымчанка	8,0	6,3	8,2	7,5	73,5
Дива (самоопыление)		5,8	4,2	5,6	5,2	51,0
Свободное опыление(контроль)		12,3	9,5	8,7	10,2	100,0
НСР₀₅		1,4	1,7	1,2	1,3	13,4

Рада, Дива; допустимых – Очарование Лета, Мрия, Бере Боск.

Для сорта Рада лучшими опылителями оказались сорта Очарование Лета, Якимовская, Десертная, Бере Боск, Изумрудная, Таврическая, Мария, Надежда, Крымчанка, Дива; допустимыми – Изюминка Крыма, Мрия, Лучистая, Ноябрьская.

В качестве лучших опылителей для сорта Дива рекомендованы сорта Якимовская, Десертная, Даниэла, Изюминка Крыма, Таврическая, Мария, Ноябрьская, Рада; допустимыми – Очарование Лета, Изумрудная, Мрия, Лучистая, Надежда, Крымчанка.

Взаимоопыляемость сортов является ценным биологическим признаком. Такие сорта особенно ценны для современных интенсивных насаждений. В процессе изучения определены сорта, которые при перекрестном опылении обеспечивают высокий процент полезной завязи для всех изучаемых образцов. К ним отнесены сорта Десертная, Дива, Мария, Якимовская, Изюминка Крыма, Изумрудная, Надежда, Крымчанка, Очарование Лета, Мрия. Следует отметить, что за годы исследования полной интерстерильности между изучаемыми сортами не обнаружено. Самые низкие показатели завязывания плодов отмечены в 2022 г. в комбинациях скрещивания Дива × Изумрудная (4,3 %), Лучистая × Коференция (4,4 %), Очарование Лета × Рассвет (4,9 %). При хорошем цветении деревьев 4–5 % завязавшихся при опылении плодов обеспечивают хороший урожай [5, 15].

Анализ степени самоплодности показал, что завязывание плодов при самоопылении варьировало в зависимости от сорта и года в пределах от 1,9 до 7,3 %. В среднем за три года эти показатели по отношению к контролю составили: у сорта Рада – 51,9 %, Дива – 51,0 %, Лучистая – 42,3 %, Очарование Лета – 28,6 %. В соответствии с методикой указанные сорта можно отнести к группе с частичной самоплодностью, что следует учитывать при закладке промышленных насаждений груши.

Выводы

На основании полученных данных проведена ранжировка сортов груши по срокам и продолжительности цветения. Выявлено, что период массового цветения у изучаемых сортов совпадает и длится 2–3 дня.

Определено, что в среднем за три года большинство сортов груши имели высокий уровень жизнеспособности пыльцы – 54,3–73,2 %, за исключением сорта Конференция – 36,8 %.

Выделены лучшие и допустимые сорта-опылители для новых сортов селекции Никитского ботанического сада – Очарование Лета, Лучистая, Рада и Дива. За годы исследования полной интерстерильности между исследуемыми сортами не выявлено.

Установлено, что сорта Очарование Лета, Лучистая, Рада и Дива обладают частичной самоплодностью.

Полученные данные можно использовать при составлении проектов на закладку промышленных садов. Правильно подобранные сорта с учетом их вза-

имоопыляемости, лучших опылителей и самоплодности обеспечат высокую продуктивность плодовых насаждений груши.

Источник финансирования

Исследования выполнены в рамках государственного задания № FNNS-2022-0008.

Financing source

The research was conducted under public assignment No. FNNS-2022-0008.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Киселёва Н.С. Особенности опыления груши в условиях влажных субтропиков юга России // Субтропическое и декоративное садоводство. 2017;61(3):86-93.
2. Аполехов Ф.Ф., Андрусенко С.Ф. Организация и корректировка перекрестного опыления в современных садах интенсивного типа // Сельскохозяйственный журнал. 2022;4(15):4-15. DOI 10.25930/2687-1254/001.4.15.2022.
3. Красова Н.Г., Галашева А.М. Конструкция садов яблони при посадке односортовыми массивами // Современное садоводство. 2017;2:25-30. DOI 10.24411/2218-5275-2017-00023.
4. Якимович О.А., Богдан Т.А. Взаимоопыляемость сортов груши в Беларуси // Плодоводство. 2017;29:34-40.
5. Солонкин А.В., Никольская О.А., Киктева Е.Н. Выделение исходных форм при изучении самоплодности Нижневожских сортов груши // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021;1(61):103-112. DOI 10.32786/2071-9485-2021-01-10.
6. Голиков В.И. К биологии *Osmia rufa* L. (Hymenoptera, Megachilidae) – активного опылителя плодовых культур на Кубани. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020;62(2):58-71. DOI 10.30679/2219-5335-2020-2-62-58-71.
7. Коник О.Г., Дубравина И.В. Подбор сортов опылителей для современных насаждений яблони. Научное обеспечение агропромышленного комплекса. 2017:690-691.
8. Алибеков Т.Б., Зубаиров Р.Г., Погосова С.Ю. Исследования степени самоплодности, взаимоопыляемости и подбор лучших сортов-опылителей для новых селекционных сортов груши Дагестана // Проблемы развития АПК региона. 2017;1(29):6-7.
9. Wojciechowski A., Antkowiak W. Selection of pollinators for particular pear cultivars (*Pyrus communis* L.) based on the observation of the pollen tubes. Herba Polonica. 2019;55(3):257-265.
10. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Г.А. Лобанова. Мичуринск: ВНИИС. 1973:1-496.
11. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Седова, Т.Г. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК. 1999:1-606.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс. 2014:1-352.
13. Голубинский И.Н. Биология прорастания пыльцы. Киев: Наукова думка. 1974:1-368.
14. Бабина Р.Д., Чакалова Е.А., Коваленко О.В. Особенности сезонного развития фенологических фаз груши в условиях Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2022;145:125-135. DOI 10.36305/0513-1634-2022-145-125-135.

15. Попов Г.Д. Особенности наследственности самоплодности у груши в связи с реципрокным эффектом // Роль сорта в современном садоводстве. 2019:210-217.

References

1. Kiseleva N.S. Pear pollination characteristic in the conditions of humid subtropics in Southern Russia. Subtropical and Ornamental Horticulture. 2017;61(3):86-93 (in Russian).
2. Apolokhov F.F., Andrusenko S.F. Organization and adjustment of cross-pollination in modern intensive orchards. Agricultural Journal. 2022;4(15):4-15. DOI 10.25930/2687-1254/001.4.15.2022 (in Russian).
3. Krasova N.G., Galasheva A.M. Apple orchard design with one-cultivar area planting. Contemporary Horticulture. 2017;2:25-30. DOI 10.24411/2218-5275-2017-00023 (in Russian).
4. Yakimovich O.A., Bogdan T.A. Cross pollination of the pear cultivars in Belarus. Fruit-growing. 2017;29:34-40 (in Russian).
5. Solonkin A.V., Nikolskaya O.A., Kikteva E.N. Isolation of original forms in the study of self-fertility of the Lower Volga pear varieties. Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2021;1(61):103-112. DOI 10.32786/2071-9485-2021-01-10 (in Russian).
6. Golikov V.I. Of biology of *Osmia rufa* L. (Hymenoptera, Megachilidae) - an effective pollinator of fruit crops in the Kuban Region. Fruit Growing and Viticulture of South Russia. 2020;62(2):58-71 (in Russian).
7. Konik O.G., Dubravina I.V. Selection of pollinator varieties for modern apple tree plantings. 2017:690-691 (in Russian).
8. Alibekov T.B., Zubairov R.G., Pogossova S.Yu. Studies of the degree of self-fertility, cross-pollination and selection of the best pollinator varieties for new breeding varieties of Dagestan pears. Problems of Development of the Agroindustrial Complex of the Region. 2017;1(29):6-7 (in Russian).
9. Wojciechowski A., Antkowiak W. Selection of pollinators for particular pear cultivars (*Pyrus communis* L.) based on the observation of the pollen tubes. Herba Polonica. 2019;55(3):257-265.
10. Program and methodology of varietal study of fruit, berry and nut crops. Under the general editorship of G.A. Lobanov. Michurinsk: VNIIS. 1973:1-496 (in Russian).
11. Program and methodology of sorting fruit, berry and nut crops. Under the general editorship of E.N. Sedov, T.G. Ogoltsova. Orel: VNIISPK. 1999:1-606 (in Russian).
12. Dospekhov B.A. Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results. M.: Alliance. 2014:1-352 (in Russian).
13. Golubinsky I.N. Biology of pollen germination. Kiev: Naukova Dumka. 1974:1-368 (in Russian).
14. Babina R.D., Chakalova E.A., Kovalenko O.V. Features of seasonal development of phenological phases of pears in the Crimea. Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. 2022;(145):125-135. DOI 10.36305/0513-1634-2022-145-125-135 (in Russian).
15. Popov G.D. Features of heredity of self-fertility in pears in connection with the reciprocal effect. The Role of Varieties in Modern Horticulture. 2019:210-217 (in Russian).

Информация об авторах

Раиса Даниловна Бабина, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр., вед. науч. сотр. лаборатории селекции и сортоизучения Института садоводства Крыма; e-мэйл: babina-rd@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9067-0133>;

Елена Алексеевна Чакалова, мл. науч. сотр. лаборатории селекции и сортоизучения Института садоводства Крыма; e-мэйл: chakalova-l@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9407-8217>;

Ольга Васильевна Коваленко, канд. с.-х. наук, науч. сотр. лаборатории селекции и сортоизучения Института садоводства Крыма; e-мэйл: k.v.v.osia@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3160-7214>.

Information about authors

Raisa D. Babina, Cand. Agric. Sci., Senior Staff Scientist, Leading Staff Scientist, Laboratory of Breeding and Varietal Study, Institute of Horticulture of Crimea; e-mail: babina-rd@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9067-0133>;

Elena A. Chakalova, Junior Staff Scientist, Laboratory of Breeding and Varietal Study, Institute of Horticulture of Crimea; e-mail: chakalova-l@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9407-8217>;

Olga V. Kovalenko, Cand. Agric. Sci., Staff Scientist, Laboratory of Breeding and Varietal Study, Institute of Horticulture of Crimea; e-mail: k.v.v.osia@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3160-7214>.

Статья поступила в редакция 26.09.2024, одобрена после рецензии 12.11.2024, принята к публикации 20.11.2024.

Разработка регламентов применения различных систем внекорневого питания при возделывании винограда в условиях Крыма

Алейникова Н.В., Диденко П.А.[✉], Галкина Е.С., Радионовская Я.Э., Шапоренко В.Н., Андреев В.В., Диденко Л.В., Болотянская Е.А., Белаш С.Ю.

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

[✉]pavel-liana@mail.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований по оценке влияния систем минерального питания при использовании удобрений отечественного производства фирмы АО «Шёлково Агрохим» на продуктивность и качество урожая винограда технических сортов в почвенно-климатических условиях Крыма. В ходе проведения исследований доказано положительное действие изучаемых систем питания на фитометрические показатели винограда. Увеличение прироста куста виноградных растений наблюдалось на опытных участках сортов Мерло (9,4 %), Шардоне (13,6 %) и Кефесия (16,4 %) в сравнении с аналогичным показателем на эталонах. Установлено, что применение внекорневых подкормок в период вегетации виноградных растений способствовало увеличению средней массы грозди в опытах на 8,7–27,6 г (7,2–20,1 %) и, как следствие, повышению урожайности винограда на 0,5–1,6 т/га (6,9–15,5 %). На фоне системного применения удобрений отмечалось повышение концентрации сахаров в виноградном соке на сортах винограда Мерло – на 15 г/дм³, Бастардо магарачский – на 17 г/дм³ и Бастардо – на 12 г/дм³ в сравнении с эталонами. На фоне существенного повышения продуктивности и качества урожая винных сортов винограда на опытных вариантах и эталонах при использовании изучаемых систем питания не установлено отрицательного влияния данных агрохимикатов на физико-химические показатели винограда и виноматериалов.

Ключевые слова: виноград; внекорневые подкормки; системы минерального питания; урожайность; качество урожая.

Для цитирования: Алейникова Н.В., Диденко П.А., Галкина Е.С., Радионовская Я.Э., Шапоренко В.Н., Андреев В.В., Диденко Л.В., Болотянская Е.А., Белаш С.Ю. Разработка регламентов применения различных систем внекорневого питания при возделывании винограда в условиях Крыма // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):379-385. EDN PRBJVU.

O R I G I N A L R E S E A R C H

Development of procedures for the use of various foliar nutrition systems in cultivating grapes in Crimea

Aleynikova N.V., Didenko P.A.[✉], Galkina Ye.S., Radionovskaya Ya.E., Shaporenko V.N., Andreiev V.V., Didenko L.V., Bolotianskaia E.A., Belash S.Yu.

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russia

[✉]pavel-liana@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studies on the assessment of the effect of mineral nutrition systems when using domestically produced fertilizers of Shchelkovo Agrokhim JSC on the productivity and crop quality of wine grape varieties in the soil and climatic conditions of Crimea. Our studies prove the positive effect of the nutrition systems under study on phytometric indicators of grapes. An increase in the growth of grape bushes was observed in the experimental plots of 'Merlot' (9.4%), 'Chardonnay' (13.6%) and 'Kefesiya' (16.4%) grape varieties in comparison with the same indicator in the control. It was found that the use of foliar top dressing during the growing season of grape plants contributed to an increase in the average bunch weight in the experiments by 8.7–27.6 g (7.2–20.1%) and, as a consequence, an increase in the cropping capacity by 0.5–1.6 t/ha (6.9–15.5%). Against the background of consistent application of fertilizers, an increase in the concentration of sugars in grape must was observed on grape varieties 'Merlot' by 15 g/dm³, 'Bastardo Magarachskiy' - by 17 g/dm³, and 'Bastardo' - by 12 g/dm³ in comparison with the control. Against the background of a significant increase in the productivity and crop quality of wine grape varieties on experimental variants and controls when using the studied nutrition systems, no negative effect of these agrochemicals on physicochemical indicators of grapes and wines was observed.

Key words: grapes; foliar top dressing; mineral nutrition systems; cropping capacity; crop quality.

For citation: Aleynikova N.V., Didenko P.A., Galkina Ye.S., Radionovskaya Ya.E., Shaporenko V.N., Andreiev V.V., Didenko L.V., Bolotianskaia E.A., Belash S.Yu. Development of procedures for the use of various foliar nutrition systems in cultivating grapes in Crimea. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):379-385. EDN PRBJVU (in Russian).

Введение

Для увеличения объемов производства и полного обеспечения растущих потребностей населения в высококачественном винограде и продуктах его переработки актуальной задачей в отрасли виноградарства и виноделия является переход на новый уровень наукоемких технологий, отвечающих требованиям

адаптивной устойчивости, стабильного плодоношения, энерго-ресурсосбережения, агроэкологической и пищевой безопасности Российской Федерации в целом [1–5].

Обязательным условием полноценной жизнедеятельности виноградного растения, плодоношения и формирования высокого качества урожая является питание – поглощение из окружающей (почвенной и воздушной) среды неорганических соединений, превращение их в органические и использование для по-

строения и обновления своих частей, а также участие в активизации ряда метаболических процессов, особенно при неблагоприятных условиях произрастания культуры [6–8].

Внекорневые подкормки растений эффективно применяются на протяжении всего периода вегетации, а также в тот момент, когда корневые удобрения не могут оперативно обеспечить недостающими элементами питания. Применение внекорневой подкормки позволяет восполнить дефицит макро- и микроэлементов в определенную фенологическую фазу роста и развития растения, которые недоступны для корневой системы или же и вовсе отсутствуют в почве [9, 10].

Поскольку определение эффективности внекорневых подкормок очень зависит от почвенно-климатических условий выращивания культуры и сорта, необходимо изучение влияния внекорневого внесения удобрений для уточнения сортовой агротехники в разрезе основных терруаров возделывания виноградной лозы [11–13].

Таким образом, целью работы являлось определение регламентов применения удобрений отечественного производства АО «Щёлково Агрохим» и оценка их влияния на продуктивность виноградных насаждений и качественные показатели урожая технических сортов винограда в условиях Крыма.

Материалы и методы исследований

Полевые производственные опыты проводились на протяжении 2019 и 2021–2022 гг. на промышленных виноградных насаждениях трех почвенно-климатических районов Крыма: Западном предгорно-приморском, Предгорном и Восточном районе Южнобережной зоны на технических сортах винограда Мерло, Бастардо магарачский, Шардоне, Бастардо и Кефесия.

Сорт Мерло: год посадки – 2014, подвой – Берландиери × Рипариа Кобер 5ББ, схема посадки – 2,5 × 1,5 м, формировка куста – вертикальный кордон на среднем штамбе. Культура неукрывная, на капельном орошении. Тип почвы – черноземы обыкновенные мицелярно-карбонатные предгорные. Содержание гумуса в верхних горизонтах 2,9–3,6 %. Валового азота содержится 0,21–0,3 %, гидролизуемого – 5–11 мг/100 г, что свидетельствует о высокой обеспеченности подвижным азотом. Фосфора в пределах 0,07–0,16 % (подвижного – 0,5–6 мг/100 г), валового калия в карбонатных черноземах содержится 1,1–2,6 %, подвижного – 16–43 мг/100 г.

Сорт Бастардо магарачский: год посадки – 2006, схема посадки – 3 × 1,65 (2) м, формировка – односторонний кордон на высоком штамбе. Культура неукрывная, неорошаемая. Подвой – Берландиери × Рипариа Кобер 5ББ. Тип почвы на участке – коричневая карбонатная, с пятнами слабо эродированных почв, содержание гумуса в верхних горизонтах – 2–2,5 %, рН – 0,4–0,6; эталонный участок – коричневая карбонатная легко-

глинистая, содержание гумуса в верхних горизонтах – 1,8–2,2 %, рН – 0,5.

Сорт Шардоне: год посадки – 2007, схема посадки – 3 × 1,5 м, формировка – двулучий кордон на среднем штамбе. Культура неукрывная, неорошаемая. Подвой – Берландиери × Рипариа Кобер 5ББ. Тип почвы – лугово-черноземная карбонатная, слабосолонцеватая, среднеглинистая на продуктах разрушения третичных глин.

Сорт Бастардо: год посадки – 2006, схема посадки – 3 × 1,5 м, формировка – односторонний спиральный кордон АЗОС-1. Культура неукрывная, неорошаемая. Подвой – Берландиери × Рипариа Кобер 5ББ. Тип почвы – буро-коричневые, типичные для данной зоны.

Сорт Кефесия: год посадки – 2004, схема посадки – 3 × 1,25 м, формировка – веерная. Культура неукрывная, орошаемая. Подвой – Берландиери × Рипариа Кобер 5ББ. Тип почвы – аллювиально-делювиальная солончаковатая среднещебнисто-каменистая тяжелосуглинистая на аллювиально-делювиальных отложениях.

На опытных участках проводились все необходимые агротехнические мероприятия согласно технологическим картам: обрезка (февраль), сухая подвязка (март), две обломки (май-июнь), летняя подвязка лоз (июнь), чеканка побегов (июль). Обработка почвы: осенне-зимняя пахота, летнее трехкратное рыхление.

Схема исследований включала в себя пять разных опытных систем питания виноградных растений, которые сравнивали с эталонами хозяйств (системы защиты хозяйства + система питания, табл. 1).

Таблица 1. Схемы демонстрационных опытов
Table 1. Schemes of demonstration experiments

№ п/п	Наименование микроудобрения	Норма расхода, л, кг/га	Фаза развития (по шкале ВВСН) и дата обработки
1	2	3	4
Опыт 1: Западный предгорно-приморский район*, сорт Мерло, 2019 г.			
1	Биостим Универсал	1	«начало цветения» (61), 7.06
	Ультрамаг Бор	1	
2	Гумат калия Суфлёр	0,4	«ягоды величиной с горошину» (75), 21.06
	Ультрамаг Бор	1	
3	Ультрамаг Хелат Zn-15	0,5	«конец формирования грозди» (79), 21.07
	Биостим Универсал	1	
4	Биостим Универсал	0,4	«начало созревания» (81), 3.08
	Ультрамаг Бор	0,5	
Эталон (система питания хозяйства)**			
Опыт 2: Западный предгорно-приморский район, сорт Бастардо магарачский, 2021 г.			
1	Биостим Универсал	1	«начало цветения» (61), 12.06
	Ультрамаг Бор	1	
2	Ультрамаг Хелат Zn-15	0,5	«конец цветения» (69), 22.06
	Ультрамаг Бор	1	
3	Ультрамаг Хелат Zn-15	0,5	«начало формирования грозди» (77), 9.07
	Биостим Универсал	1	
4	Ультрамаг Хелат Zn-15	0,5	«начало созревания» (81), 12.08

Характеристика применяемых минеральных удобрений.

Биостим Универсал – жидкое универсальное удобрение-биостимулятор для внекорневых подкормок сельскохозяйственных культур с высоким содержанием аминокислот (10 %) растительного происхождения (N – 6 %; K₂O – 1,3 %; SO₃ – 5 %).

Ультрамаг Бор – жидкое боросодержащее микроудобрение для внекорневых подкормок растений (N – 4,7 %; B – 11 %).

Гумат калия Суфлёр – жидкое органоминеральное удобрение на основе гуминовых кислот для корневых и листовых подкормок растений (K₂O – 1,75–2,5 %; органическое вещество – 11 %; гумат доля в органическом веществе – 40 %).

Ультрамаг Хелат Zn-15 – кристаллическое однокомпонентное микроудобрение для внекорневой и корневой подкормки растений (Zn – 15 %).

Ультрамаг Фосфор Актив – минеральное жидкое удобрение с высоким содержанием фосфора для внекорневых подкормок (N – 75 %; P₂O₅ – 500 %).

Биостим Рост – жидкое аминокислотное удобрение-биостимулятор для внекорневых подкормок растений (свободные аминокислоты растительного происхождения – 4 %; N – 4 %; P₂O₅ – 10 %; SO₃ – 1 %; MgO – 2 %; Fe – 0,4 %; Mn – 0,2 %; Zn – 0,2 %; B – 0,1 %).

При проведении исследований использовались общепринятые методы, применяемые в виноградарстве: постановка опыта – согласно «Руководству по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве» (Москва, 2018 г.) [14]; агробиологические учеты, определения массы урожая и его кондиций – согласно «Методическим рекомендациям по агротехническим исследованиям в виноградарстве» (Ялта, 2004 г.) [15]. Массовую концентрацию сахаров в соке ягод винограда определяли рефрактометром (REF 5X3). Полученные экспериментальные данные подвергали математической обработке общепринятыми методами с использованием дисперсионного анализа «Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов» (Москва, 2014 г.) [16] при помощи пакета анализа данных электронной таблицы Excel.

Результаты и их обсуждение

Одним из наиболее важных методов управления биологическими свойствами растений винограда является системное применение минеральных удобрений при их внекорневом внесении. При оптимизации питания виноградного куста растение отзывается повышением продуктивности и улучшением качества ягод винограда для переработки и потребления в свежем виде [17, 18].

Важным условием получения стабильного урожая высокого качества является оптимальное развитие

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
Эталон (система питания хозяйства)			
Опыт 3: Предгорный район, сорт Шардоне, 2021 г.			
1	Ультрамаг Фосфор Актив	4	«начало цветения» (61), 7.06
	Ультрамаг Бор	1	
2	Биостим Универсал	1	«конец цветения» (69), 26.06
	Ультрамаг Бор	1	
3	Биостим Универсал	1	«начало формирования грозди» (77), 8.07
	Ультрамаг Хелат Zn-15	0,5	
4	Биостим Универсал	1	«начало созревания» (81), 23.07
Эталон (системы питания хозяйства)			
Опыт 4: Восточный район Южнобережной зоны, сорт Бастардо, 2021 г.			
1	Ультрамаг Фосфор Актив	4	«начало цветения» (61), 8.06
	Ультрамаг Бор	0,5	
2	Биостим Универсал	1	«конец цветения» (69), 24.06
	Ультрамаг Бор	0,5	
3	Биостим Универсал	1	«начало формирования грозди» (77), 22.07
	Ультрамаг Хелат Zn-15	0,5	
4	Биостим Универсал	1	«начало созревания» (81), 6.08
	Ультрамаг Хелат Zn-15	0,5	
Эталон (системы питания хозяйства)			
Опыт 5: Восточный район Южнобережной зоны, сорт Кефесия, 2022 г.			
1	Биостим Рост	1	«завязи (соцветия) увеличиваются» (55), 24.05
2	Биостим Рост	2	«начало цветения» (61), 8.06
	Ультрамаг Фосфор Актив	2	
3	Ультрамаг Фосфор Актив	3	«конец цветения» (69), 22.06
4	Ультрамаг Фосфор Актив	3	«завершение формирования грозди» (79), 19.07

Примечание: * – почвенно-климатические районы (Иванченко В.И. и др., 2013 г.); ** – по кратности проведенных внекорневых подкормок винограда, опытные варианты соответствовали эталонам

вегетативных и генеративных органов виноградного куста. Поэтому в нашей исследовательской работе определялись фитометрические показатели продуктивности виноградной лозы. Установлено, что использование в условиях Западного предгорно-приморского район опытной системы питания на участке винограда сорта Мерло способствовало увеличению прироста вегетативной массы кустов на 52,1 см³ (9,4 %, табл. 2).

На опытном участке сорта Шардоне прослеживалась та же тенденция. Прирост вегетативной массы увеличился до 1658,6 см³, что на 198,1 см³ (13,6 %) превышало данный показатель в эталоне. В опытном варианте показатель средней длины побега превышал эталон в течении вегетации, разница в среднем составляла 8,2 %. Наибольшее превышение данного показателя отмечено в июле (11,6 % или 14,8 см).

В условиях Восточного района Южнобережной зоны в 2022 г. на сорте Кефесия при использовании опытной системы № 5 установлено наибольшее увеличение прироста биологической массы кустов винограда в сравнении с эталоном. В этом случае достоверная разница составила 199,6 см³ (16,5 %, табл. 2). По установленным показателям вызревания однолет-

них побегов винограда, не зависимо от варианта опыта, различий не отмечалось, при этом виноградная лоза достаточно вызрела для дальнейшей хорошей перезимовки (88,5–93,5 %, табл. 2).

Следующий этап работы заключался в определении количественных и качественных показателей урожая винограда при использовании разных систем питания. Анализ данных агробиологических учетов выявил отсутствие существенных различий между вариантами опыта по показателям: количество побегов на куст, количество плодоносных побегов и количество соцветий.

Учёт урожая технического сорта Мерло показал, что в условиях 2019 г. на фоне использования опытной системы № 1 наблюдалось увеличение массы грозди в опыте до 128,1 г (табл. 3), следовательно по количеству собранного винограда опытный вариант (7,7 т/га) превышал эталон (7,2 т/га) на 0,5 т/га (6,9 %, рис. 1).

В процессе агробиологических наблюдений визуально определено, что прирост массы грозди на сорте Бастардо магарачский обеспечивался преимущественно за счет более высокой плотности ягод в гроздях при соответствии внешнего вида и массы гроздей требованиям ГОСТ во всех опытных вариантах. В опытных системах при использовании изучаемых удобрений установлено существенное увеличение основных показателей продуктивности виноградной лозы: «средняя масса грозди» и «урожай с куста» на 7,1 и 8,8 % соответственно.

В условиях Предгорного района на сорте Шардоне учёт урожая показал, что в опыте и эталоне получен хороший кондиционный урожай винограда, значения которого находились на одном уровне и составляли 4,3–4,6 кг/куст (табл. 3). На участке сорта Кефесия в опыте и эталоне в период уборки (1 ноября) по основным показателям продуктивности винограда разницы не установлено. Урожай с куста составил по 5,3 кг/га (табл. 3) при концентрации сахара в соке ягод винограда

Таблица 2. Динамика изменения фитометрических показателей виноградного куста при использовании удобрений АО «Щёлково Агрохим»
Table 2. Dynamics of changes in phytometric indicators of grape bushes when using fertilizers of Shchelkovo Agrokhim JSC

Вариант	Средняя длина побега L, см		Средний диаметр побега D, мм		Прирост куста (объем) P, см ³		% вызревшей части побега
Западный предгорно-приморский район, сорт Мерло, 2019 г.							
Даты	04.07	15.08	04.07	15.08	04.07	15.08	17.09
Опыт 1	126,9	146,7	47	63	292,7	607,9	88,5
Эталон	124,7	138,9	47	61	296,2	555,8	89,4
НСР ₀₅	9,1	10,4	2,4	4,5	19,3	58,1	-
Западный предгорно-приморский район, сорт Бастардо магарачский, 2021 г.							
Даты	30.06	20.07	30.06	20.07	30.06	20.07	27.09
Опыт 2	100,8	135,2	52	65	721,1	1511,1	93,5
Эталон	94,7	128,9	51	66	647,7	1476,6	92,5
НСР ₀₅	5,1	6,8	2,8	3,5	32,4	43,8	-
Предгорный район, сорт Шардоне, 2021 г.							
Даты	2.07	10.08	2.07	10.08	2.07	10.08	14.10
Опыт 3	90,5	142,3	61	80	596,3	1658,6	89,5
Эталон	86,4	127,5	61	80	556,7	1460,5	89,1
НСР ₀₅	5,9	7,0	3,1	4,9	7,6	5,6	-
Восточный район Южнобережной зоны, сорт Бастардо, 2021 г.							
Даты	16.07	19.08	16.07	19.08	16.07	19.08	13.10
Опыт 4	106,5	114,3	61	70	1073,2	1516,8	91,4
Эталон	107,0	106,6	62	70	1139,8	1447,4	90,5
НСР ₀₅	1,3	1,2	3,8	4,5	30,8	42,4	-
Восточный район Южнобережной зоны, сорт Кефесия, 2022 г.							
Даты	21.06	3.08	21.06	3.08	21.06	3.08	1.11
Опыт 5	115,8	138,5	71	79	904,2	1412,5	92,0
Эталон	116,5	151,6	71	71	932,1	1212,9	91,8
НСР ₀₅	4,6	9,6	3,6	4,1	41,6	60,6	-

Таблица 3. Влияние внекорневых подкормок удобрениями АО «Щёлково Агрохим» на количественные и качественные показатели урожая винограда
Table 3. The effect of foliar top dressing with fertilizers of Shchelkovo Agrokhim JSC on the quantitative and qualitative indicators of grape yield

Вариант	Количество гроздей, шт./куст	Средняя масса грозди, г	Урожай, кг/куст	Продуктивность побегов (ПП), г	Превышение (ПП) относительно эталона, %
Западный предгорно-приморский район, сорт Мерло, 2019 г.					
Опыт 1	22,7	128,1	2,9	166,5	7,3
Эталон	22,5	119,4	2,7	155,2	-
НСР ₀₅	2,7	5,2	0,3	-	-
Западный предгорно-приморский район, сорт Бастардо магарачский, 2021 г.					
Опыт 2	39,5	252,2	9,9	327,9	7,6
Эталон	38,9	234,4	9,1	304,7	-
НСР ₀₅	2,3	11,2	0,5	-	-
Предгорный район, сорт Шардоне, 2021 г.					
Опыт 3	31,5	148,4	4,6	118,7	22,5
Эталон	31,2	138,4	4,3	96,9	-
НСР ₀₅	0,4	5,2	0,4	-	-
Восточный район Южнобережной зоны, сорт Бастардо, 2021 г.					
Опыт 4	34,5	164,8	5,7	247,2	20,1
Эталон	35,3	137,2	4,9	205,8	-
НСР ₀₅	1,7	8,4	0,6	-	-
Восточный район Южнобережной зоны, сорт Кефесия, 2022 г.					
Опыт 5	18,4	288,1	5,3	316,9	-
Эталон	18,1	292,8	5,3	322,1	-
НСР ₀₅	1,3	15,7	0,5	-	-

240–243 г/дм³ (рис. 2).

При расчете хозяйственного урожая определено, что превышение продуктивности побегов (ПП) на опытных вариантах по всем изучаемым сортам, кроме значений данного показателя на автохтонном сорте Кефесия, относительно хозяйственных эталонов составило в среднем 14,3 % (табл. 3). При этом зафиксировано, что по всем опытам и эталонам однолетние побеги по силе роста являлись среднерослыми и полноценными.

Следовательно, полученное существенное увеличение продуктивности побегов на фоне применения опытных систем питания способствовало повышению урожайности винограда на изучаемых технических сортах: Мерло – на 6,9 % (0,5 т/га), Бастардо магарачский – на 9,1 % (1,4 т/га), Шардоне – на 7 % (0,6 т/га) и Бастардо – на 15,5 % (1,6 т/га) относительно эталонов (рис. 1). На опытном участке сорта Кефесия получена высокая урожайность винограда для данного района произрастания, по величине определяемого показателя разницы между опытом и эталоном не установлено (по 11,3 т/га).

В ходе проведения анализов урожая винограда, собранного с опытных участков, установлено, что на фоне системного использования изучаемых удобрений отмечалось существенное повышение концентрации сахаров в виноградном соке на сортах винограда Мерло на 15 г/дм³ (6 %, рис. 2), Бастардо магарачский – на 17 г/дм³ (8,1 %) и Бастардо – на 12 г/дм³ (6,3 %) в сравнении с эталонами.

Выводы

Таким образом, полученные в полевом опыте экспериментальные данные показывают, что применение отечественных микроудобрений в амелоценозах Крыма на технических сортах винограда обеспечило существенный рост биологической продуктивности растений.

Технологические показатели качества урожая на фоне проведения внекорневых подкормок обеспечивались существенным увеличением средней массы грозди винограда (на 10–27 г) и концентрацией сахара в соке ягод (на 3–17 г/дм³) в сравнении с эталонами.

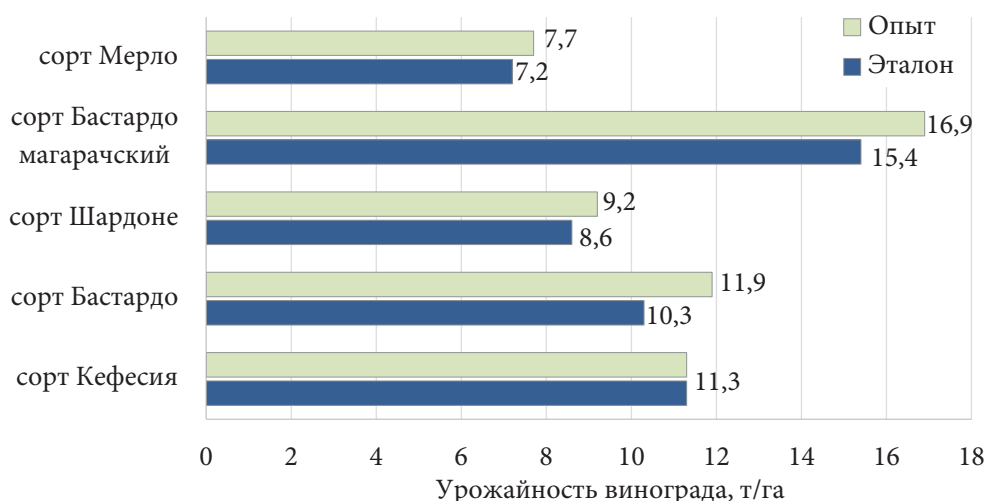


Рис. 1. Урожайность изучаемых технических сортов винограда при использовании различных систем внекорневого питания, т/га

Fig. 1. Cropping capacity of the studied wine grape varieties when using different foliar nutrition systems, t/ha

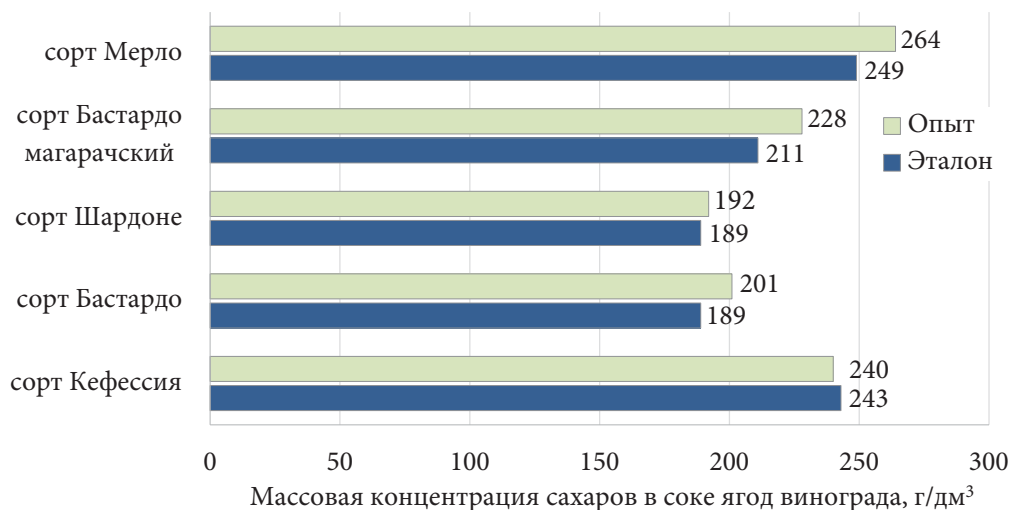


Рис. 2. Концентрация сахаров в соке ягод винограда при использовании различных систем внекорневого питания, г/дм³

Fig. 2. Concentration of sugars in grape juice using various foliar nutrition systems, g/dm³

В ходе проведенных исследований отмечено, что из всех опытных систем питания использование изучаемых агрохимикатов (система № 4) на сорте Бастардо способствовало получению наибольшей прибавки урожая винограда 15,5 % (1,6 т) и увеличения содержания сахара в соке ягод 6,3 % (12 г/дм³).

По качественным показателям виноград изучаемых технических сортов, собранный со всех экспериментальных участков, соответствовал требованиям ГОСТ 31782 и ГОСТ 32030 и подходил для приготовления качественных столовых вин.

Источник финансирования

Статья подготовлена в рамках выполнения договоров с АО «Щёлково Агрохим» № 84/19 от 12.04.2019 г., № 162/2021 от 21.04.2021 г. и № 156/2022 от 05.05.2022 г.

Financing source

The article was prepared as part of the implementation of agreements with Shchelkovo Agrokhim JSC

No. 84/19 dd 12/04/2019, No. 162/2021 dd 21/04/2021 and No. 156/2022 dd 05/05/2022.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

- Петров В.С., Алейникова Г.Ю., Себет О.Л., Морморштейн А.А., Руссо Д.Э., Сундырева М.А., Киселева Г.К., Казахмедов Р.Э., Орлова В.А. Методология управления агробиологической, адаптивной и продукционной устойчивостью насаждений винограда в нестабильных погодных условиях и техногенной интенсификации производства // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2024;86(2):16-43. DOI 10.30679/2219-5335-2024-2-86-16-43.
- Якименко Е.Н., Агеева Н.М., Петров В.С., Михеев Е.М. Влияние агротехнических приемов выращивания винограда на состав микроэлементов столовых виноматериалов // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2020;22(1):39-43. DOI 10.35547/IM.2020.22.1.008.
- Бейбулатов М.Р., Бойко В.А. Роль минерального питания в формировании качества столового винограда // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2014;3:16-17.
- Радчевский П.П., Барчукова А.Я., Тосунов Я.К., Прах А.В., Грюнер М.А. Влияние некорневой подкормки винограда органоминеральным удобрением «Реновация марки Защита» на урожай и его качество // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2022;74(2):144-158. DOI 10.30679/2219-5335-2022-2-74-144-158.
- Руссо Д.Э., Красильников А.А. Микроудобрения и продуктивность винограда в нестабильных условиях возделывания // Вестник АПК Ставрополя. 2014;4(16):163-167.
- Frost S., Lerno L., Zweigenbaum J., Heymann H., Ebeler S. Characterization of red wine proanthocyanidins using a putative proanthocyanidin database, amide hydrophilic interaction liquid chromatography (HILIC), and time-of-flight mass spectrometry. *Molecules*. 2018;23(10):2687. DOI 10.3390/molecules23102687.
- Tangolar S., Tangolar S., Torun A.A., Tarım G., Ada M., Aydın O., Kaçmaz S. The effect of microbial fertilizer applications on grape yield, quality and mineral nutrition of some early table grape varieties. *Selcuk Journal of Agricultural and Food Sciences*. 2019;33(2):62-66. DOI 10.15316/SJAFS.2019/157.
- Batukaev A.A., Levchenko S.V., Ostroukhova E.V., Boiko V.A., Peskova I.V., Probegolova P.A., Belash D.Yu., Lutkova N.Yu. The effect of foliar fertilizing on ecological optimization of the application of fungicides on the productivity and phenolic complex composition of grapes. *BIO Web of Conferences*. 2019;15:01012. DOI: 10.1051/bioconf/20191501012.
- Yurchenko E., Artamonov A. Technological effectiveness of chelated micronutrient fertilizers in leaf treatments inducing grape resistance to biotic and abiotic stresses. *BIO Web of Conferences*. 2020;21(1):00033. DOI 10.1051/bioconf/20202100033.
- Gao L.X., Wang R., Li L., Sun Q. Effects of medium and micro nutrients supplement on the quality of the grapevine and wine. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*. 2018;46(13):131-134.
- Romheld V. The chlorosis paradox: Fe inactivation as a secondary event in chlorotic leaver of grapevine. *Journal of Plant Nutrition*. 2000;23(11):1629-1643. DOI 10.1080/01904160009382129.
- Covarrubias J.I., Pisi A., Rombola A.D. Evaluation of sustainable management techniques for preventing iron chlorosis in the grapevine. *Grape and Wine Research*. 2014;20(1):149-159. DOI 10.1111/ajgw.12055.
- Алейникова Н.В., Цирульникова Н.В., Диденко П.А., Никулина Е.А. Перспективы применения отечественных хелатных микроудобрений на винограде в Крыму // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2020;22(3):216-220. DOI 10.35547/IM.2020.22.3.006.
- Сычев В.Г., Шаповал О.А., Можарова И.П., Веревкина Т.М., Мухина М.Т., Коршунов А.А., Пономарева А.С., Вознесенская Т.Ю., Веревкин Е.Л. Руководство по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве: производственно-практическое издание. М.: ООО «Плодородие». 2018:1-248.
- Авидзба А.М., Иванченко В.И., Бейбулатов М.Р., Антипов В.П., Сокоян Р.Я., Амирджанов А.Г., Колосовский Ж.А., Чичинадзе Ж.А., Якушина Н.А., Мелконян М.В., Вольнкин В.А., Бойко О.А., Модонкаева А.Э., Таран В.А., Бордунова Е.А., Власов В.В., Лянной А.Д., Шевченко И.В., Поляков В.И., Джабурия Л.В. Власова Е.Ю., Костенко В.Н., Шерер В.А., Тулаева М.И., Хилько В.Ф., Мулюкина Н.А., Чисныков В.С., Дикань А.П., Хлевная Г.С., Белинский Ю.А. Методические рекомендации по агротехническим исследованиям в виноградарстве Украины. Ялта: ИВиВ «Магарач». 2004:1-264.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Альянс. 2014:1-352.
- Егоров Е.А., Шадрин Ж.А., Кочьян Г.А. Оценка состояния и перспективы развития виноградарства и питомниководства в Российской Федерации // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020;61(1):1-15. DOI 10.30679/2219-5335-2020-1-61-1-15.
- Aleinikova N.V., Peskova I.V., Ostroukhova E.V., Galkina Ye.S., Didenko P.A., Probegolova P.A., Lutkova N.Yu NanoKremny effect on the quality of grapes and wines. *Foods and Raw Materials*. 2021;9(2):224-233. DOI 10.21603/2308-4057-2021-2-224-233.

References

- Petrov V.S., Aleynikova G. Yu., Seget O.L., Marmorshtein A.A., Russo D.E., Sundryeva M.A., Kiseleva G.K., Kazakhmedov R.E., Orlov V.A. Methodology of management of agrobiological, adaptive and productive stability of grape plantations in unstable weather conditions and technogenic intensification of production. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2024;86(2):16-43. DOI 10.30679/2219-5335-2024-2-86-16-43 (in Russian).
- Yakimenko E.N., Ageyeva N.M., Petrov V.S., Mikheyev E.M. Influence of agrotechnical methods of growing grapes on the composition of trace elements of table wine materials. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2020;22(1):39-43 (in Russian).
- Beibulatov M.R., Boiko V.A. The role of mineral nutrition in the formation of quality of table grapes. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2014;3:16-17 (in Russian).
- Radchevsky P.P., Barchukova A.Ya., Tosunov Ya.K., Prakh A.V., Gruner M.A. Effect of foliar dressing of grapes with organomineral fertilizer "Renovation of the Protection Brand" on the yield and its quality. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2022;74(2):144-158. DOI 10.30679/2219-5335-2022-2-74-144-158 (in Russian).
- Russo D.E., Krasilnikov A.A. Microfertilizers and productivity of grapes in the unstable conditions of cultivation. *Vestnik of the AIC of Stavropolye*. 2014;4(16):163-167 (in Russian).

6. Frost S., Lerno L., Zweigenbaum J., Heymann H., Ebeler S. Characterization of red wine proanthocyanidins using a putative proanthocyanidin database, amide hydrophilic interaction liquid chromatography (HILIC), and time-of-flight mass spectrometry. *Molecules*. 2018;23(10):2687. DOI 10.3390/molecules23102687.
7. Tangolar S., Tangolar S., Torun A.A., Tarım G., Ada M., Aydın O., Kaçmaz S. The effect of microbial fertilizer applications on grape yield, quality and mineral nutrition of some early table grape varieties. *Selcuk Journal of Agricultural and Food Sciences*. 2019;33(2):62-66. DOI 10.15316/SJAIFS.2019/157.
8. Batukaev A.A., Levchenko S.V., Ostroukhova E.V., Boiko V.A., Peskova I.V., Probeygolova P.A., Belash D.Yu., Lutkova N.Yu. The effect of foliar fertilizing on ecological optimization of the application of fungicides on the productivity and phenolic complex composition of grapes. *BIO Web of Conferences*. 2019;15:01012. DOI: 10.1051/bioconf/20191501012.
9. Yurchenko E., Artamonov A. Technological effectiveness of chelated micronutrient fertilizers in leaf treatments inducing grape resistance to biotic and abiotic stresses. *BIO Web of Conferences*. 2020;21(1):00033. DOI 10.1051/bioconf/20202100033.
10. Gao L.X., Wang R., Li L., Sun Q. Effects of medium and micro nutrients supplement on the quality of the grapevine and wine. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*. 2018;46(13):131-134.
11. Romheld V. The chlorosis paradox: Fe inactivation as a secondary event in chlorotic leaver of grapevine. *Journal of Plant Nutrition*. 2000;23(11):1629-1643. DOI 10.1080/01904160009382129.
12. Covarrubias J.I., Pisi A., Rombola A.D. Evaluation of sustainable management techniques for preventing iron chlorosis in the grapevine. *Grape and Wine Research*. 2014;20(1):149-159. DOI 10.1111/ajgw.12055.
13. Aleinikova N.V., Tsurulnikova N.V., Didenko P.A., Nikulina E.A. Prospects of treatment grapes in Crimea with locally produced chelate microfertilizers. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2020;22(3):216-220. DOI 10.35547/IM.2020.22.3.006 (in Russian).
14. Sychev V.G., Shapoval O.A., Mozharova I.P., Verevkina T.M., Mykhina M.T., Korshunov A.A., Ponomareva A.S., Voznesenskaya T.Yu., Verevkin E.L. Guidelines for conducting registration tests of agrochemicals in agriculture: production and practical edition. M.: LLC Plodorodiye. 2018:1-248 (in Russian).
15. Avidzba A.M., Ivanchenko V.I., Beibulatov M.R., Antipov V.P., Sogoyan R.Ya., Amirdzhanov A.G., Kolosovskiy Zh.A., Chichinadze Zh.A., Yakushina N.A., Melkonyan M.V., Volynkin V.A., Boyko O.A., Modonkaeva A.E., Taran V.A., Bordunova E.A., Vlasov V.V., Lyannay A.D., Shevchenko I.V., Polyakov V.I., Jaburia L.V. Vlasova E.Yu., Kostenko V.N., Sherer V.A., Tulaeva M.I., Khilko V.F., Mulyukina N.A., Chisnykov V.S., Dikan A.P., Khlevnaya G.S., Belinsky Yu.A. Methodological recommendations for agrotechnical research in viticulture in Ukraine. *Yalta: IV&W Magarach*. 2004:1-264 (in Russian).
16. Dospekhov B.A. Methodology of field experiment with the basics of statistical processing of research results. M.: Alliance. 2014:1-352 (in Russian).
17. Egorov E.A., Shadrina Zh.A., Kochyan G.A. Assessment of condition and development prospects of viticulture and nursery in the Russian Federation. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2020;61(1):1-15. DOI 10.30679/2219-5335-2020-1-61-1-15 (in Russian).
18. Aleinikova N.V., Peskova I.V., Ostroukhova E.V., Galkina Ye.S., Didenko P.A., Probeigolova P.A., Lutkova N.Yu. NanoKremny effect on the quality of grapes and wines. *Foods and Raw Materials*. 2021;9(2):224-233. DOI 10.21603/2308-4057-2021-2-224-233.

Информация об авторах

Наталья Васильевна Алейникова, д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр., зам. директора по науч. работе, гл. науч. сотр. лаборатории защиты растений; e-мэйл: aleynikova@magarach-institut.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1167-6076>;

Павел Александрович Диденко, канд. с.-х. наук, науч. сотр., зав. лабораторией защиты растений; e-мэйл: pavel-liana@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6170-2119>;

Евгения Спиридоновна Галкина, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр. лаборатории защиты растений; e-мэйл: galkinavine@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4322-4074>;

Яна Эдуардовна Радионовская, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр. лаборатории защиты растений; e-мэйл: vovkayalta@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9124-8436>;

Владимир Николаевич Шапоренко, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. лаборатории защиты растений; e-мэйл: plantprotection-magarach@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5564-3722>;

Владимир Владимирович Андреев, мл. науч. сотр. лаборатории защиты растений; e-мэйл: vovka.da.89@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3540-1045>;

Лиана Владимировна Диденко, мл. науч. сотр. лаборатории защиты растений; e-мэйл: didenko.magarach@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1408-5167>;

Елена Александровна Болотянская, канд. с.-х. наук, науч. сотр. лаборатории защиты растений; e-мэйл: saklina@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2218-8019>;

Сергей Юрьевич Белаш, мл. науч. сотр. лаборатории защиты растений; e-мэйл: asp@magarach-institut.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7422-6588>.

Information about authors

Natalia V. Aleinikova, Dr. Agric. Sci., Senior Staff Scientist, Deputy Director for Science, Chief Staff Scientist, Laboratory of Plant Protection; e-mail: aleynikova@magarach-institut.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1167-6076>;

Pavel A. Didenko, Cand. Agric. Sci., Staff Scientist, Head of the Laboratory of Plant Protection; e-mail: pavel-liana@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6170-2119>;

Yevgenia S. Galkina, Cand. Agric. Sci., Leading Staff Scientist, Laboratory of Plant Protection; e-mail: galkinavine@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4322-4074>;

Yana E. Radionovskaya, Cand. Agric. Sci., Leading Staff Scientist, Laboratory of Plant Protection; e-mail: vovkayalta@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9124-8436>;

Vladimir N. Shaporenko, Cand. Agric. Sci., Senior Staff Scientist, Laboratory of Plant Protection; e-mail: plantprotection-magarach@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5564-3722>;

Vladimir V. Andreev, Junior Staff Scientist, Laboratory of Plant Protection; e-mail: vovka.da.89@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3540-1045>;

Liana V. Didenko, Junior Staff Scientist, Laboratory of Plant Protection; e-mail: didenko.magarach@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1408-5167>;

Elena A. Bolotianskaia, Cand. Agric. Sci., Staff Scientist, Laboratory of Plant Protection; e-mail: saklina@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2218-8019>;

Sergey Yu. Belash, Junior Staff Scientist, Laboratory of Plant Protection; e-mail: asp@magarach-institut.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7422-6588>.

Статья поступила в редакцию 07.10.2024, одобрена после рецензии 17.10.2024, принята к публикации 20.11.2024.

Современные стратегии управления качеством винограда и другой плодоовощной продукции для увеличения сроков хранения

Левченко С.В.[✉], Романов А.В., Бойко В.А., Белаш Д.Ю.

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

[✉]svelevchenko@rambler.ru

Аннотация. В статье представлен анализ современных и перспективных способов обработки плодоовощной продукции перед закладкой на хранение и в процессе хранения, используемых в мировой практике и в Российской Федерации. В результате анализа определены современные стратегии, отличающиеся эффективностью и биологической безопасностью. Наряду с такими методами, как использование холодильных установок с настраиваемым температурным режимом, контролем влажности, регулируемой атмосферой, применение биологических средств защиты на основе активных штаммов антагонистов, обработка химическими веществами, в том числе на основе хлоридов калия и кальция, проанализированы следующие инновационные технологии: использование съедобного/биологического покрытия, озонирование, использование ионизирующего излучения, обработка при помощи ультрафиолетового облучения.

Ключевые слова: хранение; плод; масса плода; качество; физиологические изменения; технологии с регулируемой атмосферой; биопрепараты; биопокрытия; физические методы обработки; озонирование; УФ-обработка.

Для цитирования: Левченко С.В., Романов А.В., Бойко В.А., Белаш Д.Ю. Современные стратегии управления качеством винограда и другой плодоовощной продукции для увеличения сроков хранения // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):386-395. EDN TCGSOV.

Modern strategies for quality management of grapes and other fruit and vegetable products to increase their shelf life

Levchenko S.V.[✉], Romanov A.V., Boiko V.A., Belash D.Yu.

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russia

[✉]svelevchenko@rambler.ru

Abstract. The article presents an analysis of modern and promising methods of processing fruit and vegetable products before placing them for storage and during storage, used in world practice and in the Russian Federation. As a result of the analysis, modern strategies distinguished by their efficiency and biological safety are defined. Along with such methods as the use of refrigeration units with adjustable temperature conditions, humidity control, controlled atmosphere, the use of biological protection agents based on active strains of antagonists, processing with chemicals, including those based on potassium and calcium chlorides, the following innovative technologies are analyzed: the use of edible/biological coating, ozonation, the use of ionizing radiation, processing using ultraviolet irradiation.

Key words: storage; fruit; fruit weight; quality; physiological changes; controlled atmosphere technologies; biopreparations; biocoatings; physical treatment methods; ozonation; UV treatment.

For citation: Levchenko S.V., Romanov A.V., Boiko V.A., Belash D.Yu. Modern strategies for quality management of grapes and other fruit and vegetable products to increase their shelf life. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):386-395. EDN TCGSOV (in Russian).

Актуальность работы

Свежие фрукты и овощи являются оптимальными источниками получения витаминов, минеральных солей, углеводов, белков, растительных жиров и других питательных веществ, и современные способы хранения увеличивают возможности их потребления вне сезона с сохранением качества продукта [1, 2]. Производство и снабжение продуктами растениеводства не всегда находятся в балансе с потребностями населения. В случае избыточного производства свежих фруктов или овощей, которые являются скоро- или полупортящимися, важно их сохранить, чтобы обеспечить непрерывное снабжение продовольствием до следующего урожая [3].

Потеря качества плодов в период созревания и хранения происходит вследствие развития патогенной микрофлоры в послеуборочный период, влияния ряда физиологических изменений, таких как наступление физиологической зрелости плода, дыхания и выделения этилена, ферментативные реакции. Поэтому цель сохранения растительных продуктов заключается в подавлении любых биохимических реакций и ограничении проникновения бактерий и грибов, увеличения срока хранения [4, 5].

Стадия зрелости, при которой собирают плоды, влияет на их качество и срок хранения: если сбор урожая проводится слишком рано или слишком поздно, они могут не иметь вкуса и консистенции, присущие зрелым плодам, и срок их годности может быть сокращен. В послеуборочный период процесс дыхания плодов продолжается, в результате чего происхо-

дит потеря массы и пищевой ценности. В основном сочные плоды дышат быстрее, и по мере продолжения дыхания их качество снижается [6]. Некоторые фрукты, такие как яблоки и бананы, при созревании производят большое количество этилена, что может ускорить созревание плодов и отрицательно сказаться на качестве продукции [7, 8]. В последствии после сбора урожая плоды продолжают терять воду через кожуру, что может привести к сморщиванию и потере массы, повлиять на внешний вид и консистенцию [9].

Быстрая индустриализация проложила путь к таким методам хранения, как термическая обработка, консервирование и заморозка, что позволило увеличить срок хранения путем контроля возбудителей [10–12].

Однако существуют определенные недостатки в термической обработке и замораживании, приводящие к изменению консистенции пищевых продуктов, потери питательных веществ и органолептических свойств, что, соответственно, приводит к большим общим потерям [13]. Также сохранность пищевых продуктов стала серьезной проблемой из-за роста населения и повышения потребительских стандартов и требований по обеспечению здоровой и питательной пищей [14].

Таким образом, стратегии сокращения послеуборочных потерь плодов и овощей с целью обеспечения продовольствием населения направлены на минимизацию физиологических изменений и сохранению качества фруктов длительный период. Эти стратегии могут включать в себя соответствующий контроль температуры, контроль влажности, осторожное обращение во избежание физических повреждений, а также применение послеуборочных обработок для замедления дыхания, снижения производства этилена или борьбы с болезнями [15].

Обзор

В настоящее время одним из широко применяемых и эффективных технологий хранения плодов и овощей являются технологии с регулируемой атмосферой: хранение с применением регулируемой газовой среды (РГС) [16–19]; хранение с ультранизким содержанием кислорода (менее 1–1,5 %) в камере (Ultra Low Oxygen); технология быстрого снижения концентрации кислорода (Rapid Controlled Atmosphere); сверхбыстрое снижение уровня кислорода в камере за короткий промежуток времени; технология снижения уровня этилена в камере (Low Ethylene Controlled Atmosphere); динамическая регулируемая атмосфера (Dynamic Controlled Atmosphere); технология шоковой обработки углекислым газом с повышенным (до 30 %) содержанием CO₂ (CO₂ shock treatment) [20]. Создание газовой среды также возможно при применении упаковок из полиэтиленовой пленки с газоселективной мембраной за счет дыхания сырья (поглощение O₂, выделение CO₂) или упаковок из полимерных пленок барьерного типа [21].

Различные обработки перед закладкой на хранение плодов и овощей играют важную роль в увеличении сроков хранения, сохранении товарных качеств и свежести продукта, а также в обеспечении его поста-

вок на рынок в течение всего года [22]. Перспективным направлением в хранении плодоовощного сырья является применение биологических средств защиты на основе активных штаммов антагонистов. Биопрепараты используют для борьбы с фитопатогенными организмами в послеуборочный период и при длительном холодильном хранении. Данная технология не создает угрозы нарушения экологического равновесия в биосфере, так как микроорганизмы, применяемые в качестве биопрепаратов, являются естественной микрофлорой окружающей среды [23]. Учеными из США для борьбы с голубой плесенью на яблоках были выделены штаммы вида *Metschnikowia*, которые обладают антагонистической активностью в отношении *Penicillium expansum*, особенно активных при холодильном хранении [24].

Биопрепараты на основе штаммов почвенных бактерий из группы *Bacillus subtilis*, такие как «Бактофит», «Алирин Б», «Витоплан СП» и «Экстрасол», которые широко применяются для борьбы с грибными и бактериальными заболеваниями зерновых, овощных и плодово-ягодных культур в период вегетации (мучнистая роса томатов, огурцов, груш, яблонь, корневые гнили, бактериозы капусты, фитофтороз картофеля и томатов, парша, монилиоз, ржавчина), могут использоваться для обработки плодов и овощей перед закладкой на хранение. Так, обработка препаратом «Экстрасол» перед закладкой на хранение предотвращает развитие гнилостной патогенной микрофлоры плодоовощного сырья, препятствует ее проникновению вглубь тканей; повышает лежкость, сохранность питательных веществ и витаминов; не оказывает ослабляющего эффекта на естественный иммунитет растений [22, 23].

Совместное воздействие биологических, химических и/или физических факторов является более эффективным способом обеспечения сохранности растительного сырья. Известен способ, при котором биопрепарат «Фитоспорин М» разводят водой, прошедшей обработку магнитным полем, данной суспензией обрабатывают продукцию перед закладкой на хранение. Сочетание биологического и физического метода позволяет сократить потери растительного сырья в процессе хранения [25]. Запатентован способ обработки яблок, предусматривающий последовательное выдерживание в растворах перманганата калия, лимонной кислоты и суспензии препарата, полученного из биомассы микромицета *Mortierella gamsii*, с последующим ультрафиолетовым облучением (Патент РФ. 2322017, Способ подготовки к хранению яблок свежих специального назначения, заявитель и патентообладатель Квасенков, 2008).

Из вышеизложенного следует, что применение биопрепаратов в послеуборочный период является перспективным методом, способствующим сохранению качественных показателей растительной продукции в процессе длительного хранения.

Однако, несмотря на широкий выбор технологий хранения, остается актуальным поиск новых экономически и социально выгодных методов, обеспечивающих высокое качество плодов и овощей. В числе

наиболее популярных и действенных методик можно, в частности, выделить следующие инновационные технологии хранения плодов и овощей: использование съедобного или биологического покрытия, использование ионизирующего излучения, обработка УФ-облучением, обработка в импульсных электрических полях, обработка с использованием высокого давления, использование мембранных технологий и др. [2].

Технологии биопокрытия открывают большие перспективы для будущего консервирования пищевых продуктов, предлагая более устойчивый и здоровый способ сохранения фруктов и овощей свежими продолжительные периоды [26]. Биопокрытия снижают потребность в упаковочных материалах на основе пластика, что позволяет свести к минимуму отходы и воздействие на окружающую среду. Однако при внедрении биопокрытий в коммерческих целях важно учитывать такие факторы, как масштабируемость, экономическая эффективность и нормативные требования [27].

Имеется большой спрос на натуральные консерванты вместо синтетических во избежание проблем со здоровьем, вызванных их употреблением. Перспективные консерванты – это натуральные противомикробные препараты, извлеченные из растений, животных или микроорганизмов, которые подавляют бактерии и рост грибов [28]. Однако существуют и широко используются пищевые консерванты химического происхождения, не представляющие собой риск для здоровья (например, CaCl_2 и сорбаты). Многие покрытия на биологической основе содержат эти ингредиенты. Исследованиями отечественных и зарубежных авторов доказано, что применение физиологически активных веществ на основе кальция снижает риск проникновения возбудителя болезней в ткани растений, стимулирует защитные механизмы [29, 30]. С повышением концентрации ионов кальция в плодах увеличивается продолжительность хранения за счет повышения устойчивости продукции к болезнетворным микроорганизмам и содержания вторичных метаболитов – фенольных веществ, в частности стильбенов [31, 32]. Поэтому предуборочное опрыскивание винограда растворами хлорида кальция и этанола может быть предложено в качестве практической альтернативы синтетическим фунгицидам и SO_2 для снижения заболеваемости грибными болезнями при хранении и улучшения качества столового винограда. Применение обработок кальцийсодержащими препаратами на винограде показало существенное снижение потери массы грозди к концу хранения на 34–45 % относительно контроля при сохранении высоких органолептических показателей (7,6–7,8 балла) [33, 34]. Для длительного хранения рекомендуется использовать партии винограда с содержанием Са не менее 0,090 %, для краткосрочного хранения – не менее 0,065 %; еще одним показателем высокой лежкоспособности является соотношение таких элементов, как (К+Mg):Са \geq 13 [35].

Для защиты от микроорганизмов, вызывающих порчу, в состав покрытия могут входить натуральные антимикробные соединения, такие как растительные

экстракты или эфирные масла. Это сводит к минимуму возможность микробного загрязнения и порчи, сохраняя свежесть и качество упакованных фруктов и овощей в течение более длительного периода времени. Биопокрытия могут быть обогащены питательными веществами или витаминами, которые вносят свой вклад в питательную ценность свежих фруктов и овощей при их длительном хранении. Эти питательные вещества могут быть получены из природных источников или инкапсулированы в материал биопокрытия, обеспечивая их контролируемое высвобождение и сохранение с течением времени [36–38]. Однако биопокрытия на основе эфирных масел могут значительно влиять на органолептические характеристики из-за летучих молекул, которые могут скрывать первоначальный вкус обработанных свежих фруктов или овощей.

Альтернативы традиционным методам могут включать в себя комбинирование многочисленных систем консервирования или использование антимикробных соединений, совместимых с определенными видами пищевых продуктов [39–44].

Биомолекулы, такие как полисахариды, белки и липиды, используются для создания съедобных биопокрытий, которые затем наносятся в виде тонкой пленки на поверхность продукта для регулирования влагопередачи, газообмена или процесса окисления, тем самым увеличивая срок годности продукта [45–47].

Свежие овощи и фрукты часто покрывают материалами на основе полисахаридов, чтобы продлить срок их хранения. Их организованная структура, содержащая водородную сеть, является причиной того, что они считаются эффективными блокаторами кислорода. Так, в целях сохранения физико-химических и органолептических свойств, улучшения микробной стабильности и увеличения послеуборочного срока хранения свежей клубники при хранении рассмотрена возможность получения съедобной оболочки на основе полисахарида и нано-оксида цинка (нано-ZnO). Способность биопокрытий адаптировать свой состав и функциональность открывает новые возможности для разработки инновационных упаковочных решений, которые решают две задачи: сохранение и повышение качества пищевых продуктов [48, 49].

По данным Petriccione и др. [50] клубника, хранившаяся при 2 °С, покрытая 1 % или 2 % раствором хитозана, имела гораздо меньшую скорость разложения, чем необработанная клубника того же сорта. Благодаря исследованиям Jongsti с соавторами [51], высокомолекулярный хитозан, применяемый при послеуборочном хранении манго, может замедлить процессы старения, сохранить качество плодов и продлить срок их хранения. Van Thi Tran с соавторами [52], используя покрытия на основе хитозана с различными концентрациями масла семян, показал, что использование различных концентраций масла семян чая улучшает противогрибковую способность покрытий хитозаном *in vitro* и *in vivo*.

Обработка частицами хитозана в сочетании с эфирными маслами *Zataria multiflora* и *Cinnamomum zeylanicum* способствовала ингибированию размно-

жения серой гнили на клубнике, особенно *B. cinerea* [53]. В 2022 г. Chun Yang с соавторами [54] при изучении покрытия на основе хитозана с высоким содержанием фенольных экстрактов (куркума и зеленый чай) на клубнике установили ингибирование пролиферации *B. cinerea* в течение 7 дней хранения при 20 °С.

Natalia Ferrao Castelo Branco Melo с соавторами [55] подготовили и оценили покрытия со съедобными наночастицами хитозана в качестве возможной обработки для улучшения послеуборочного качества винограда. Установлено, что покрытия съедобными наночастицами хитозана ингибировали процесс дыхания винограда и незначительно снижали потерю массы грозди.

Недавние исследования показали, что гель алоэ вера, обладающий пленкообразующими свойствами, легко наносится, обладает противогрибковым и противомикробным действием и действует как естественный барьер для влаги и воздуха [56, 57]. Покрытия хитозаном на основе бананового крахмала с различными концентрациями геля алоэ вера показывают, что наличие геля значительно снижает грибковую гниль, увеличивая срок хранения клубники до 15 дней, на 5 % меньшую потерю массы по сравнению с непокрытыми плодами, сохраняя при этом их цвет и твердость. Положительные результаты объясняются процессом «сшивания» между молекулами геля и крахмала [58]. Показано значительное снижение старения плодов клубники и потери массы при сохранении цвета и консистенции ягоды при их покрытии хитозаном совместно с пчелиным воском [59].

Успешно используются при получении покрытий и производные целлюлозы. Roberta Passafiume с соавторами [60] проанализировали влияние трех типов съедобных покрытий на основе геля алоэ вера, геля алоэ вера с гидроксипропилметилцеллюлозой и геля алоэ вера с эфирным маслом лимона на качество свежесрезанного киви. В случае использования покрытий на основе геля алоэ вера и геля алоэ вера с эфирным маслом лимона качество киви Хэйворд было на высоком уровне. Для сохранения томатов черри и винограда съедобная оболочка на основе изолята соевого белка, гидроксипропилметил целлюлозы и глицерина показала значительно более низкие показатели потери массы [61, 62], улучшение качества при транспортировке и хранении [63]. Биопокрытия на основе целлюлозы сохраняют питательные качества и ингибируют микробную пролиферацию на дыне, клубнике, яблоках, не оказывая негативного влияния на органолептические характеристики [64–67].

Для увеличения срока хранения фруктов во многих странах распространен способ применения озона с использованием озонаторов. Озон широко используется в качестве противомикробного агента. Помимо антимикробной активности в отношении широкого спектра микроорганизмов озон может разрушать пестициды и химические остатки и превращать небioresлагаемые органические материалы вioresлагаемые формы [68, 69]. Благодаря быстрому разложению до кислорода и тому, что он не оставляет следов на обработанных продуктах, его применение

в пищевой промышленности разрешено органической сертификацией [69]. Озон используют в целях сохранения пищевых продуктов, продления срока годности, стерилизации оборудования и устранения нежелательных запахов как при хранении, так и при транспортировке [70, 71].

Для послеуборочной обработки свежих плодов и овощей озон может использоваться либо в качестве воздушной, либо в качестве водной обработки перед хранением; или в качестве непрерывного или прерывистого компонента атмосферы во время хранения или транспортировки [72–75]. При проведении исследований было обнаружено, что чувствительность к озону варьируется в зависимости от типа плода и сорта, а также степени зрелости [76]. Обработку фруктов озонозодной смесью проводят трехкратно не менее 3 ч при температуре 12–18 °С и относительной влажности 40–80 % до достижения концентрации 35 мг/м³. Обработку проводят в соответствии с длительностью хранения продукции [77].

Значительное количество исследований по влиянию озона проведено на столовом винограде. В целом применение озона при хранении столового винограда было эффективным против нативной поверхностной микрофлоры, но неэффективным, когда микроорганизмы были инокулированы или уже укоренились на ягодах. В таком случае на различия в эффективности дезинфицирующей обработки может влиять отсутствие конкурентной микрофлоры и более высокая микробная нагрузка целевых патогенов при искусственной инокуляции плодов [69].

В ранних исследованиях было обнаружено, что обработка озоном 0,5 ppm подавляет рост поверхностной плесени после семи дней хранения при 15,6 °С, но она не была эффективна для борьбы с гнилью, вызванной *B. cinerea*, на инокулированном столовом винограде сортов Томпсон бессемянный и Токай [78]. Palou с соавторами [75] продемонстрировали, что интенсивность развития серой гнили не снижалась при воздействии 0,3 ppm озона в течение семи недель хранения в холодильнике на инокулированном столовом винограде Томпсон бессемянный. При этом увеличение интенсивности распространения и развития грибка были предотвращены, что может быть полезно для предотвращения распространения устойчивых к фунгицидам штаммов патогенов.

Однако в серии экспериментов, проведенных Sarig с соавторами [79], было обнаружено, что дозировка 8 мг озона в мин эффективно уничтожает местные популяции плесени, дрожжей и бактерий на винограде сортов Альфонс Лавалле и Томпсон бессемянный после 20 и 40 мин воздействия соответственно. Применение озона в течение 30–40 мин также было достаточным для устранения гниения, вызванного *Rhizopus stolonifer*, в инокулированном винограде. Кроме того, озон стимулировал выработку ресвератрола и птеростильбена, которые вместе с прямым фунгицидным действием газа способствовали повышению эффективности озона для контроля за процессом гниения [79]. Аналогичные результаты получены по винограду сорта Наполеон, подвергав-

шегося периодическим обработкам озоном при хранении в холодильнике: отмечено увеличение общего содержания стильбеноидов, в основном ресвератрола и пицеидов; у винограда сорта Осенний бессемянный отмечено увеличение полифенолов на 22,8 % [80, 81].

Исследуя влияние озона на физико-химические и органолептические показатели и антиоксидантные соединения столового винограда, Palou с соавторами [75] установили, что после четырех недель хранения при 5 °С и одной недели при 20 °С виноград сорта Флэйм бессемянный, обработанный 0,3 ppm озона, не имел видимых повреждений в тканях, и потеря массы грозди была одинаковой как в непрерывном или прерывистым 2 ppm озона в течение 30 дней хранения при 5 °С были получены Saucela и др. [82]. Однако, при увеличении сроков хранения (до 72 суток) применение озона индуцировали значительное увеличение потери массы грозди по сравнению с контрольной группой, хранящейся в условиях воздушной среды.

Artes-Hernandez с соавторами [80] определили, что ни прерывистое, ни непрерывное воздействие озона (8 ppm озона, применяемых в течение 30 мин каждые 2,5 ч и 0,1 ppm газа соответственно) не влияли на физико-химические качества столового винограда сорта Наполеон в течение 38 дней хранения при 0 °С и 6 дней срока хранения при 15 °С на воздухе. По сравнению с контролем были зарегистрированы лишь незначительные изменения значений, характеризующих опытные образцы по цвету, твердости, общему содержанию сухих веществ, рН и кислотности. Тем не менее сильное побурение гребней было обнаружено у винограда, подвергнувшегося шоковой обработке озоном, и это было связано с низкой относительной влажностью, достигнутой в холодильной камере. Аналогичные результаты были получены в отношении физико-химических характеристик столового винограда Осенний бессемянный, хранившегося в течение 60 дней при температуре 0 °С и относительной влажности 90 % и подвергнувшегося воздействию озона при непрерывном или периодическом применении. У обоих сортов потеря массы и гниение, вызванные *B. cinerea*, были одинаковыми в винограде, обработанном озоном, и в контрольных образцах [80, 81, 83].

Исследования, проводимые на сорте винограда Осенний бессемянный, показали, что при постоянном воздействии 0,1 ppm озона в течение двух месяцев при 0 °С и относительной влажности 90 % содержание общего сахара и органических кислот по сравнению с исходными показателями не изменялось. Кроме того, эти ягоды получили более высокие органолептические оценки (зеленый гребень, консистенция и внешний вид), чем контрольные образцы [83].

Таким образом, можно утверждать, что краткосрочное послеуборочное воздействие озона на виноград может быть альтернативой SO₂ при хранении в холодильнике, поскольку оно эффективно контролирует гниение и сохраняет качество и свежесть обработанных плодов в течение девяти недель при 0 °С.

В настоящее время в Российской Федерации и за рубежом ведутся успешные разработки в области облучения быстрыми электронами, СВЧ и УФ-лучами,

и их комбинациями для увеличения сроков хранения овощных культур. Радиационная обработка является одним из современных высокоэффективных технологий хранения, позволяющих максимально увеличить лежкоспособность плодоовощной продукции [21, 84, 85].

Исследования показали, что для обработки фруктов и овощей дозы ионизирующего излучения (5–10 кГр), губительные для микрофлоры растительного сырья, непригодны, так как приводят к неблагоприятным физиолого-биохимическим, функциональным изменениям и к снижению устойчивости к патогенам. В связи с этим для повышения сохранности свежих фруктов рекомендован диапазон доз облучения 1–3 кГр [86]. Першаковой Т.В. с соавторами была выдвинута гипотеза о том, что варьирование частоты электромагнитного поля при постоянной силе тока в течение 30 мин может обеспечить больший процент гибели микроорганизмов, чем обработка при постоянной частоте, при этом частоту электромагнитного поля меняли через равные промежутки времени, а именно через каждые 10 мин. Максимальный процент гибели микроорганизмов достигается при последовательной обработке корнеплодов свеклы столовой при следующих параметрах: сила тока 15 А, частота 15 Гц – 10 мин; сила тока 15 А, частота 25 Гц – 10 мин; сила тока 15 А, частота 30 Гц – 10 мин [87].

Исследована эффективность влияния обработки γ -излучением и последующего холодильного хранения в условиях модифицированной газовой среды на изменение лежкоспособности ягод и плодов косточковых культур. Установлено, что применение комплексной технологии хранения сокращает потери и продлевает сроки хранения ягод на 1,5–2 недели, косточковых фруктов – на 3–4 недели и повышает микробиологическую безопасность продукции [88]. Разработана технология комплексного влияния режимов обработки свежих фруктов и овощей ионизирующими излучениями в сочетании с модифицированием состава газовой среды и условиями охлаждения для повышения микробиологической безопасности, продления сроков годности продукции в полимерных упаковках при сохранении высоких показателей качества. Доказана высокая эффективность обработки фруктов и овощей γ -лучами или ускоренными электронами (дозами 1–3 кГр) в комплексе с модифицированной газовой средой с повышенным содержанием CO₂ (5–15 %) и пониженным O₂ в условиях охлаждения (4–5 °С), направленная на сокращение потерь в 2–5 раз и продление сроков хранения при высоких показателях качества [89]. Разработаны и обобщены основные направления эффективного использования обработки ионизирующими излучениями (γ -лучи, ускоренные электроны) плодоовощного сырья в целях оптимизации технологий хранения, повышения микробиологической безопасности, регулирования процессов созревания, сохранения высоких показателей пищевой ценности (Патент РФ 2400965. Способ хранения растительных продуктов; заявитель и патентообладатель Жиляков Е.В., 2009).

Перспективным элементом в технологии хранения является применение ультрафиолетового излучения в

области УФ-С (лучевая стерилизация) с диапазоном длины волн 100–280 нм, так как эта область имеет наиболее эффективное бактерицидное действие (Патент РФ 2204924. Способ предотвращения от порчи пищевых продуктов; заявитель и патентообладатель Гаспарян А.Р., Горелик С.А., 2003). Ультрафиолетовые лучи обладают высокой энергией и вызывают фотохимические изменения в поглощающих их молекулах субстрата и клетках микроорганизмов. Наибольшим бактерицидным действием обладают лучи с длиной волны 250–260 нм. Эффективность воздействия УФ-лучей на микроорганизмы зависит от дозы облучения.

Многочисленные исследования подтверждают эффективность применения УФ-С излучения для обработки овощей и фруктов с целью увеличения срока их хранения и снижения риска заболеваний [90, 91]. В своих исследованиях Пражарати с соавторами обработку УФ-С использовали как альтернативу обычным дезинфицирующим средствам из-за его способности повреждать ДНК и РНК микроорганизмов [92].

В Австралии провели исследование воздействия УФ-С на персидский лайм (*Citrus latifolia*) во время хранения. Результаты показали, что при обработке УФ-С сохранился зеленый цвет кожуры лайма после 28 дней хранения. Обработка УФ-С поддерживала низкую выработку этилена и низкую интенсивность дыхания во время хранения. Плоды лайма, подвергшиеся воздействию УФ-С, имели индекс приемлемости на уровне 60 % после хранения, в то время как необработанные контрольные плоды сохраняли приемлемость на уровне 39 %. В целом обработка УФ-С не повлияла на потерю веса плодов, массовую концентрацию сахаров и кислот во время хранения [93].

Турецкие ученые исследовали влияние обработки УФ-С на качество ягод столового винограда сорта Альфонс Лавалле при хранении в холодильнике. Обработка позволила сохранить визуальное качество ягод, а также консистенцию кожицы и мякоти ягод. В сусле ягод, подвергнутых обработке УФ-С, было отмечено более высокое содержание антиоксидантов и фенольных веществ [94].

Было исследовано влияние УФ-С на физико-химические свойства и бактериальное разнообразие свежесрезанной капусты в течение 12 дней хранения при температуре 5 °С. После облучения снизилась потеря массы свежесрезанной капусты при хранении, а также увеличилось содержание антиоксидантных компонентов, таких как общие фенолы, аскорбиновая кислота и малоновый диальдегид [95].

Оценена зависимость между продолжительностью ультрафиолетового облучения и комнатной температурой хранения на частоту дыхания, потерю веса и изменение цвета лука-шалота во время хранения. Результаты показали, что сочетание обработки ультрафиолетовым излучением и хранения в помещении при низкой температуре способно подавлять частоту дыхания ($p < 0,05$) и потерю веса лука-шалота во время хранения в течение 12 недель ($p < 0,05$). Установлено, что на цвет кожуры лука-шалота существенно влияла комнатная температура хранения, при этом обработка УФ не оказывала существенного влияния, что

позволяет считать этот метод пригодным для сохранения качества лука-шалота во время хранения [96].

Таким образом, учеными выявлен положительный эффект от применения ультрафиолетового бактерицидного излучения на качество растительной продукции и длительность хранения.

Закключение

Всесторонний обзор современных исследований показывает, что в настоящее время разработано и внедрено множество передовых технологий, направленных на сохранение плодов и овощей длительный период. Кроме того, ведутся постоянные исследования по поиску более натуральных консервантов с отличными антиоксидантными и антимикробными свойствами, поскольку они безопасны для употребления. Предлагаемые концепции представляют собой инновационные и экологически чистые подходы к сохранению свежести фруктов и овощей. Эти экологичные решения не только продлевают срок годности продуктов, но и снижают зависимость от традиционной упаковки, которая часто способствует загрязнению окружающей среды.

Таким образом, анализ современных научных публикаций свидетельствует о том, что разработка новых и модификация существующих методов технологических процессов хранения плодоовощной продукции на основе физических методов обработки, обладающих бактерицидным действием, позволяет сделать вывод об актуальности разработки новых технологий хранения с применением комплекса физических приемов, в частности, ультрафиолетового облучения.

Источник финансирования

Исследования выполнены в рамках государственного задания № FNZM-2024-000.

Financing source

The research was conducted under public assignment No. FNZM-2024-000.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы / References

- Sridhar A., Ponnuchamy M., Kumar P.S., Kapoor A. Food preservation techniques and nanotechnology for increased shelf life of fruits, vegetables, beverages and spices: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 2021;19:1715-1735. DOI 10.1007/s10311-020-01126-2.
- Глазков С.В., Копцев С.В., Лесникова Н.А., Богданова В.В., Володарская Т.К. Современные инновационные технологии хранения свежих фруктов и овощей и продуктов их переработки (обзор) // *Овощи России*. 2018;5(43):84-89. DOI 10.18619/2072-9146-2018-5-84-89. Glazkov S.V., Koptsev S.V., Lesnikova N.A., Bogdanova V.V. Modern innovative storage technologies for processed fruit and vegetable products (review). *Vegetables of Russia*. 2018;5(43):84-89. DOI 10.18619/2072-9146-2018-5-84-89 (*in Russian*).
- Ungureanu C., Tihan G., Zgârian R., Pandealea G. Bio-coatings for preservation of fresh fruits and vegetables. *Coatings*. 2023;13:1420. DOI 10.3390/coatings13081420.
- Jaya Shankar T. Introductory chapter: food processing, preservation, and packaging – a brief overview. *Food Processing and Packaging Technologies*. 2023:1-11. DOI 10.5772/intechopen.110229.

5. Cocetta G., Natalini A. Ethylene: management and breeding for postharvest quality in vegetable crops. A review. *Frontiers in Plant Science*. 2022;13:968315. DOI 10.3389/fpls.2022.968315.
6. Fonseca S.C., Oliveira F.A.R., Brecht J.K. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering*. 2002;52:99-119. DOI 10.1016/S0260-8774(01)00106-6.
7. Maduwanthi S.D.T., Marapana R. Induced ripening agents and their effect on fruit quality of banana. *International Journal of Food Science*. 2019;2520179. DOI 10.1155/2019/2520179.
8. Palumbo M., Attolico G., Capozzi V., Cozzolino R., Corvino A., de Chiara M.L.V., Pace B., Pelosi S., Ricci I., Romaniello R., Cefola M. Emerging postharvest technologies to enhance the shelf-life of fruits and vegetables: an overview. *Foods*. 2022;11:3925. DOI 10.3390/foods11233925.
9. Lufu R., Ambaw A., Opara U.L. Water loss of fresh fruit: influencing pre-harvest, harvest and postharvest factors. *Scientia Horticulturae*. 2020;272(102):109519. DOI 10.1016/j.scienta.2020.109519.
10. Pereira R.N., Teixeira J.A., Vicente A.A., Cappato L.P., Ferreira M., Rocha R.S. Ohmic heating for the dairy industry: a potential technology to develop probiotic dairy foods in association with modifications of whey protein structure. *Current Opinion in Food Science*. 2018;22:95-101. DOI 10.1016/j.cofs.2018.01.014.
11. Bialkowska A., Majewska E., Olczak A., Twarda-clapa A. Ice binding proteins: diverse biological roles and applications in different types of industry. *Biomolecules*. 2020;10(2):274. DOI 10.3390/biom100202740.
12. Said M.I. Role and function of gelatin in the development of the food and non-food industry: a review. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*. 2020;4921(1):012086. DOI 10.1088/1755-1315/492/1/012086.
13. Jayasena D.D., Kim H.J., Yong H.I., Park S., Kim K., Choe W., Jo C. Flexible thin-layer dielectric barrier discharge plasma treatment of pork butt and beef loin: effects on pathogen inactivation and meat-quality attributes. *Food Microbiology*. 2015;46:51-57. DOI 10.1016/j.fm.2014.07.009.
14. Saravanan A., Kumar P.S., Hemavathy R.V., Jeevanantham S., Kamalesh R., Sneha S., Yaashikaa P.R. Methods of detection of food-borne pathogens: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 2020;19:189-207. DOI 10.1007/s10311-020-01072-z.
15. Strategies to reduce post-harvest losses for fruits and vegetables. <http://www.postharvestproject.com/uploads/outputs/8fa991f1-6260-45e4-95b0-438127a4deb0.pdf> (date of access: 14.07.2023).
16. Шишкина Н.С. Совершенствование технологии хранения плодовоовощной продукции // Научно-практическое обеспечение холодильной промышленности. 2015:327-335. Shishkina N.S. Improving the technology of storing fruit and vegetable products // *Scientific and Practical Support for Refrigeration Industry*. 2015:327-335 (in Russian).
17. Балабанов В.Н., Куреткова Л.Н. Стабилизация условий хранения плодов и овощей при создании регулируемых газовых сред // Актуальные проблемы современной науки. 2017;3(94):284-286. Balabanov V.N., Kuretkova L.N. Stabilization of storage conditions for fruits and vegetables when creating regulated gas media. *Current Problems of Modern Science*. 2017;3(94):284-286 (in Russian).
18. Причко Т.Г., Смелик Т.Л., Германова М.Г. Сохранение качественных показателей плодов яблони, обусловленных сортовыми особенностями и составом среды в регулируемой атмосфере // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2019;23:253-258. DOI 10.30679/2587-9847-2019-23-253-258. Prichko T.G., Smelik T.L., Germanova M.G. Preservation of apple fruit's quality indicators due to varietal features and medium composition in a controlled atmosphere. *Scientific Works of the North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking*. 2019;23:253-258. DOI 10.30679/2587-9847-2019-23-253-258 (in Russian).
19. Кунина В.А., Платонова Н.Б., Неводов П.А., Москвичева В.В. Анализ способов обработки плодовых культур перед закладкой на хранение (литературный обзор) // Субтропическое и декоративное садоводство. 2023;86:35-53. DOI 10.31360/2225-3068-2023-86-35-53. Kunina V.A., Platonova N.B., Nevodov P.A., Moskvichova V.V. Analysis for fruit crops treatment methods before storing (literature review). *Subtropical and Ornamental Horticulture*. 2023;86:35-53. DOI 10.31360/2225-3068-2023-86-35-53 (in Russian).
20. Першакова Т.В., Кабалина Д.В. Современные технологии хранения фруктов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017;131:1056-1066. DOI 10.21515/1990-4665-131-087. Pershakova T.V., Kabalina D.V. Ways to provide stability of raw material during storage. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2017;131:1056-1066. DOI 10.21515/1990-4665-131-087 (in Russian).
21. Шишкина Н.С., Карастоянова О.В., Шаталова Н.И., Борченкова Л.А., Степанищева Н.М., Глазков С.В. Исследование и разработка комплексной технологии холодильного хранения овощей и фруктов с применением физических методов антисептирования // Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции. 2017:474-478. Shishkina N.S., Karastoyanova O.V., Shatalova N.I., Borchenkova L.A., Stepanishcheva N.M., Glazkov S.V. Research and development of an integrated technology for refrigerating vegetables and fruits using physical antiseptic methods. *Innovative Research and Development for Scientific Support of Production and Storage of Environmentally Safe Agricultural and Food Products*. 2017:474-478 (in Russian).
22. Першакова Т.В., Лисовой В.В., Купин Г.А., Алешин В.Н., Панасенко Е.Ю., Викторова Е.П. Способы обеспечения стабильного качества растительного сырья в процессе хранения с применением биопрепаратов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016;117:540-550. Pershakova T.V., Lisovoy V.V., Kupin G.A., Aleshin V.N., Panasenko E.Yu., Victorova E.P. Ways to ensure consistent quality of vegetable raw materials in the process of using biopreparations in storing. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2016;117:540-550 (in Russian).
23. Неменуцкая Л.А., Степанищева Н.М., Соломатин Д.М. Современные технологии хранения и переработки плодовоовощной продукции. М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2009:1-170. Neminuschaya L.A., Stepanishcheva N.M., Solomatin D.M. Modern technologies of storage and processing of fruit and vegetable products. M.: FSSU Rosinformagrotech. 2009:1-170 (in Russian).
24. Лисовой В.В., Кабалина Д.В. Российский и зарубежный опыт применения биопрепаратов при хранении фруктов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017;134:205-217. DOI 10.21515/1990-4665-134-017. Lisovoy V.V., Kabalina D.V. Russian and foreign experience of the application of biopreparations in storage of fruits. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2017;134:205-217. DOI 10.21515/1990-4665-134-017 (in Russian).
25. Лисовой В.В., Викторова Е.П., Матвиенко А.Н. Технологии хранения сельскохозяйственной продукции растительного происхождения, разработанные учеными

- ФГБНУ КНИИХП // Научно-практическое обеспечение холодильной промышленности. 2015:302-305.
- Lisovoi V.V., Viktorova E.P., Matvienko A.N. Technologies for storing agricultural products of plant origin, developed by scientists of the FSBSI KSRICP// Scientific and Practical Support for the Refrigeration Industry. 2015:302-305 (in Russian).
26. Odetayo T., Tesfay S., Ngobese N.Z. Nanotechnology-enhanced edible coating application on climacteric fruits. *Food Science & Nutrition*. 2022;10(4):2149-2167. DOI 10.1002/fsn3.2557.
27. Samir A., Ashour F.H., Hakim A.A.A., Bassyouni M. Recent advances in biodegradable polymers for sustainable applications. *NPJ Mater. Degrad.* 2022;6(1):68. DOI 10.1038/s41529-022-00277-7.
28. Arshad M.S., Batool S.A. Natural antimicrobials, their sources and food safety. *Food Additives*. 2017;87:1. DOI 10.5772/intechopen.70197.
29. Gil M.I., Selma M.V., Suslow T., Jacxsens L., Uyttendaele M., Allende A. Pre- and postharvest preventive measures and intervention strategies to control microbial food safety hazards of fresh leafy vegetables. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2015;55(4):453-468. DOI 10.1080/10408398.2012.657808.
30. Hocking B., Tyerman S.D., Burton R.A., Gilliam M. Fruit calcium: transport and physiology. *Frontier in Plant Science*. 2016;7:569. DOI 10.3389/fpls.2016.00569.
31. Потепенко А.Ю., Ганич В.А. Роль кальция в хранении винограда // Агротехнологические и экологические аспекты развития виноградо-винодельческой отрасли. 2007:416-420.
Potapenko A.Yu., Ganich V.A. The role of calcium in grape storage. *Agrotechnological and Environmental aspects of the Development of the Grape and Wine Industry*. 2007:416-420 (in Russian).
32. Davarpanah S., Tehranifar A., Abadía J., Val J., Davarynejad G., Aran M., Khorassani R. Foliar calcium fertilization reduces fruit cracking in pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani). *Scientia Horticulturae*. 2018;230:86-91. DOI 10.1016/j.scienta.2017.11.023.
33. Cherviak S., Levchenko S., Boyko V., Belash D. The effect of aerosol treatment with calcium-based preparation on quality of table grape cultivar during storage. *E3S Web of Conferences*. 2021;232:03023. DOI 10.1051/e3sconf/202123203023.
34. Levchenko S., Boyko V., Belash D., Cherviak S., Romanov A. Post-harvest treatments with calcium-based bioactivators to preserve table grape quality (*Vitis vinifera* L) cv. Red Globe during storage. *E3SWebConf*. 2021;254:02004. DOI 10.1051/e3sconf/202125402004.
35. Гудковский В.А. Система сокращения потерь и сохранения качества плодов и винограда при хранении. Мичуринск: ФГБНУ «ВНИИС им. И.В. Мичурина». 1990:1-118.
Gudkovskiy V.A. System for reducing losses and maintaining the quality of fruits and grapes during storage. Michurinsk: FSBSI VNIIS named after I.V. Michurin. 1990:1-118 (in Russian).
36. Dordevic S., Dordevic D., Sedlacek P., Kalina M., Tesikova K., Antonic B., Tremlova B., Tremil J., Nejezchlebova M., Vapenka L. Rajchl A., Bulakova M. Incorporation of natural blueberry, red grapes and parsley extract by-products into the production of chitosan edible films. *Polymers*. 2021;13(19):3388. DOI 10.3390/polym13193388.
37. Zabot G.L., Schaefer Rodrigues F., Polano Ody L., Vinicius Tres M., Herrera E., Palacin H., Cordova-Ramos J.S., Best I., Olivera-Montenegro L. Encapsulation of bioactive compounds for food and agricultural applications. *Polymers*. 2022;14(19):4194. DOI 10.3390/polym14194194.
38. Munoz-Tebar N., Perez-Alvarez J.A., Fernandez-Lopez J., Viuda-Martos M. Chitosan edible films and coatings with added bioactive compounds: antibacterial and antioxidant properties and their application to food products: a review. *Polymers*. 2023;15(2):396. DOI 0.3390/polym15020396.
39. Sun X., Narciso J., Wang Z., Ference C., Bai J., Zhou K. Effects of chitosan-essential oil coatings on safety and quality of fresh blueberries. *Journal of Food Science*. 2014;79(5):M955-M960. DOI 10.1111/1750-3841.12447.
40. Khalifa I., Barakat H., El-Mansy H.A., Soliman S.A. Enhancing the keeping quality of fresh strawberry using chitosan-incorporated olive processing wastes. *Food Bioscience*. 2016;13(1):69-75. DOI 10.1016/j.fbio.2015.12.008.
41. Khan I., Tango C.N., Chelliah R., Oh D.H. Development of antimicrobial edible coating based on modified chitosan for the improvement of strawberries shelf life. *Food Science and Biotechnology*. 2019;28(4):1257-1264. DOI 10.1007/s10068-018-00554-9.
42. Zhang X., Ismail B.B., Cheng H., Jin T.Z., Qian M., Arabi S.A., Liu D., Guo M. Emerging chitosan-essential oil films and coatings for food preservation – a review of advances and applications. *Carbohydrate Polymers*. 2021;273(5):118616. DOI 10.1016/j.carbpol.2021.118616.
43. Zhang W., Lin M., Feng X., Yao Z., Wang T., Xu C. Effect of lemon essential oil-enriched coating on the postharvest storage quality of citrus fruits. *Food Science and Technology*. 2022;42(5):e125421. DOI 10.1590/fst.125421.
44. Maurya A., Prasad J., Das S., Dwivedy A.K. Essential oils and their application in food safety. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2021;5:653420. DOI 10.3389/fsufs.2021.653420.
45. Shendurse A., Gopikrishna G., Patel A.C., Pandya A.J. Milk protein based edible films and coatings-preparation, properties and food applications. *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*. 2018;8(2):219-226. DOI 10.1007/978-981-16-2383-7_11.
46. do Evangelho J.A., da Silva Dannenberg G., Biduski B., El Halal S.L.M., Kringel D.H., Gularte M.A., Fiorentini A.M., da Rosa Zavareze E. Antibacterial activity, optical, mechanical, and barrier properties of corn starch films containing orange essential oil. *Carbohydrate Polymers*. 2019;222:114981. DOI 10.1016/j.carbpol.2019.114981.
47. Diaz-Montes E., Castro-Munoz R. Edible films and coatings as food-quality preservers: an overview. *Foods*. 2021;10(2):249. DOI 10.3390/foods10020249.
48. Pham T.T., Nguyen L.L.P., Dam M.S., Baranyai L. Application of edible coating in extension of fruit shelf life: a review. *AgriEngineering*. 2023;5(1):520-536. DOI 10.3390/agriengineering5010034.
49. Emamifar A., Bavaisi S. Nanocomposite coating based on sodium alginate and nano-ZnO for extending the storage life of fresh strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2020;14(7):1012-1024. DOI 10.1007/s11694-019-00350-x.
50. Petriccione M., Mastrobuoni F., Pasquariello M.S., Zampella L., Nobis E., Capriolo G., Scortichini M. Effect of chitosan coating on the postharvest quality and antioxidant enzyme system response of strawberry fruit during cold storage. *Foods*. 2015;4:501-523. DOI 10.3390/foods4040501.
51. Jongsri P., Wangsomboondee T., Rojsitthisak P., Seraypheap K. Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. *LWT*. 2016;73(1):28-36. DOI 10.1016/j.lwt.2016.05.038.
52. Tran V.T., Kingwascharapong P., Tanaka F., Tanaka F. Effect of edible coatings developed from chitosan incorporated with tea seed oil on Japanese pear. *Scientia Horticulturae*. 2021;288(2):110314. DOI 10.1016/j.scienta.2021.110314.
53. Mohammadi A., Hashemi M., Hosseini S.M. The control of Botrytis fruit rot in strawberry using combined treatments of Chitosan with *Zataria multiflora* or *Cinnamomum zeylanicum* essential oil. *Journal of Food Science and Technology*. 2015;52(11):7441-7448. DOI 10.1007/s13197-015-1871-7.
54. Yang C., Lu J.-H., Xu M.-T., Shi X.-C., Song Z.-W., Chen T.-M., Herrera-Balandrano D.D., Zhang Y.-J., Laborda P.,

- Shahriar M., Wang S-Y. Evaluation of chitosan coatings enriched with turmeric and green tea extracts on postharvest preservation of strawberries. *LWT*. 2022;163:113551. DOI 10.1016/j.lwt.2022.113551.
55. Castelo Branco Melo N.F., de Mendonga Soares B.L., Marques Diniz K., Ferreira Leal C., Canto D., Flores M.A.P., Henrique da Costa Tavares-Filho J., Galembeck A., Montenegro Stamford T.L., Montenegro Stamford-Arnaud T. Effects of fungal chitosan nanoparticles as eco-friendly edible coatings on the quality of postharvest table grapes. *Postharvest Biology and Technology*. 2018;139(1):56-66. DOI 10.1016/j.postharvbio.2018.01.014.
56. Chrysargyris A., Nikou A., Tzortzakis N. Effectiveness of Aloe Vera gel coating for maintaining tomato fruit quality. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2016;44(3):203-217. DOI 10.1080/01140671.2016.1181661.
57. Nourozi F., Sayyari M. Enrichment of Aloe Vera gel with basil seed mucilage preserve bioactive compounds and postharvest quality of apricot fruits. *Scientia Horticulturae*. 2020;262:109041. DOI 10.1016/j.scienta.2019.109041.
58. Pinzon M.I., Sanchez L.T., Garcia O.R., Gutierrez R., Luna J.C., Villa C.C. Increasing shelf life of strawberries (*Fragaria ssp.*) by using a banana starch-chitosan-Aloe Vera gel composite edible coating. *International Journal of Food Science & Technology*. 2019;55(1):92-98. DOI 10.1111/ijfs.14254.
59. Velickova E., Winkelhausen E., Kuzmanova S., Alves V.D., Moldao-Martins M. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa cv Camarosa*) under commercial storage conditions. *LWT*. 2013;52(2):80-92. DOI 10.1016/j.lwt.2013.02.004.
60. Passafiume R., Gaglio R., Sortino G., Farina V. Effect of three different Aloe Vera gel-based edible coatings on the quality of fresh-cut "Hayward" kiwifruits. *Foods*. 2020;9:939. DOI 10.3390/foods9070939.
61. Frassinetti S., Castagna A., Santin M., Pozzo L., Baratto I., Longo V., Ranieri A. Gelatin-based coating enriched with blueberry juice preserves the nutraceutical quality and reduces the microbial contamination of tomato fruit. *Natural Product Research*. 2021;35(7):6088-6092. DOI 10.1080/14786419.2020.1824224.
62. Zhang T., Yun Y., Chu M., Bai X., Sun J., Zhang Y., Wang L. Coating of fruit with an edible soybean protein isolate film doped with hydroxypropyl methyl cellulose for improved preservation. *Bio Resources*. 2022;17(2):2563-2575. DOI 10.15376/biores.17.2.2563-2575.
63. Pirozzi A., Del Grosso V., Ferrari G., Donsi F. Edible coatings containing oregano essential oil nanoemulsion for improving postharvest quality and shelf life of tomatoes. *Foods*. 2020;9(11):1605. DOI 10.3390/foods9111605.
64. Poverenov E., Rutenberg R., Danino S., Horev B., Rodov V. Gelatin-chitosan composite films and edible coatings to enhance the quality of food products: layer-by-layer vs. blended formulations. *Food and Bioprocess Technology*. 2014;7(11):3319-3327. DOI 10.1007/s11947-014-1333-7.
65. Agyei D., Pan S., Acquah C., Danquah M.K. Bioactivity profiling of peptides from food proteins. *Soft chemistry and food fermentation*. 2017:49-77. DOI 10.1016/B978-0-12-811412-4.00003-5.
66. Liu T., Li J., Tang Q., Qiu P., Gou D., Zhao J. Chitosan-based materials: an overview of potential applications in food packaging. *Foods*. 2022;11(10):1490. DOI 10.3390/foods11101490.
67. Mendes-Oliveira G., Gu G., Luo Y., Zografos A., Minas I., Nou X. Edible and water-soluble corn zein coating impregnated with nisin for *Listeria monocytogenes* reduction on nectarines and apples. *Postharvest Biology and Technology*. 2022;185(1):111811. DOI 10.1016/j.postharvbio.2021.111811.
68. Ong K.C., Cash J.N., Zabik M.J., Siddiq M., Jones A.L. Chlorine and ozone washes for pesticide removal from apples and processed apple sauce. *Food Chemistry*. 1996;55(2):153-160. DOI 10.1016/0308-8146(95)00097-6.
69. Horvitz S., Cantalejo M.J. Application of ozone for the postharvest treatment of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2014;54(3):312-39. DOI 10.1080/10408398.2011.584353.
70. Zhang L., Lu Z., Yu Z., Gao X. Preservation of fresh-cut celery by treatment of ozonated water. *Food Control*. 2005;16(3):279-283. DOI 10.1016/j.foodcont.2004.03.007.
71. Dennis R., Cashion A., Emanuel S., Hubbard D. Ozone gas: scientific justification and practical guidelines for improvised disinfection using consumer-grade ozone generators and plastic storage boxes. *The Journal of Science and Medicine*. 2020;2(1):1-23. DOI 10.37714/josam.v2i1.35.
72. Graham D.M. Use of ozone for food processing. *Food Technology*. 1997;51:72-75.
73. Guzel-Seydim Z.B., Green A.K., Seydim A.C. Use of ozone in the food industry. *LWT*. 2004;37(4):453-460. DOI 10.1016/j.lwt.2003.10.014.
74. Crowe K.M., Bushway A.A., Bushway R.J., Davis-Dentici K., Hazen R.A. A comparison of single oxidants versus advanced oxidation processes as chlorine-alternatives for wild blueberry processing (*Vaccinium angustifolium*). *International Journal of Food Microbiology*. 2007;116(1):25-31. DOI 10.1016/j.ijfoodmicro.2006.12.027.
75. Palou L., Crisosto C.H., Smilanick J.L., Adaskaveg J.E., Zoffoli J.P. Effects of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. *Postharvest Biology and Technology*. 2002;24(1):39-48. DOI 10.1016/S0925-5214(01)00118-1.
76. Rice R.G., Farquhar J.W., Bollyky L.J. Review of the applications of ozone for increasing storage times of perishables foods. *Ozone: Science and Engineering*. 1982;4(3):147-163.
77. Пугач С.Г. Применение озона в хранении овощей и фруктов // Овощи и фрукты. 2014;12:56-60. Pugach S.G. The use of ozone in the storage of vegetables and fruits. *Vegetables and Fruits*. 2014;12:56-60 (*in Russian*).
78. Spalding D.H. Effects of ozone atmospheres on spoilage of fruits and vegetables after harvest. *Marketing Research Report*. 1968;801:1-9. DOI 10.5962/bhl.title.62986.
79. Sarig P., Zahavi T., Zutkhi Y., Yannai S., Lisker N., Ben-Arie R. Ozone for control of post-harvest decay of table grapes caused by *Rhizopus stolonifer*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 1996;48(6):403-415. DOI 10.1006/pmpp.1996.0032.
80. Artes-Hernandez F., Artes F., Tomas-Barberan F.A. Quality and enhancement of bioactive phenolics in cv. 'Napoleon' table grapes exposed to different postharvest gaseous treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2003;51(18):5290-5295. DOI 10.1021/jf030037d.
81. Artes-Hernandez F., Aguayo E., Artes F., Tomas-Barberan F.A. Enriched ozone atmosphere enhances bioactive phenolics in seedless table grapes after prolonged shelf life. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2007;87(5):824-831. DOI 10.1002/jsfa.2780.
82. Cayuela J.A., Vazquez A., Perez A.G., Garcia J.M. Control of table grapes postharvest decay by ozone treatment and resveratrol induction. *Food Science and Technology International*. 2009;15(5):495-502. DOI 10.1177/1082013209350539.
83. Artes-Hernandez F., Aguayo E., Artes F. Alternative atmosphere treatments for keeping quality of 'Autumn seedless' table grapes during long term cold storage. *Postharvest Biology and Technology*. 2004;31(1):59-67. DOI 10.1016/S0925-5214(03)00116-9.
84. Завьялов М.А., Шишкина Н.С., Карастоянова О.В., Степанищева Н.М., Шаталова Н.И., Борченкова Л.А., Кухто В.А., Левшенко М.Т., Филиппович В.П. Использование комбинированного воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты, ультрафиолетового излучения и

- озона (СВЧ-УФ-О3) при подготовке растительного сырья к замораживанию // Холодильная техника. 2018;2:54-58. Zavyalov M.A., Shishkina N.S., Karastoyanova O.V., Stepanischeva N.M., Shatalova N.I., Borchenkova L.A., Kukhto V.A., Levshenko M.T., Filippovich V.P. The use of combined effects of electromagnetic fields of ultrahigh frequency, ultraviolet radiation and ozone (microwave-UV-O3) in the preparation of plant materials for freezing. Refrigeration Equipment. 2018;2:54-58 (in Russian).
85. Грачёва А.Ю., Илюхина Н.В., Калинина Ж.А., Прокопенко А.В., Филиппович В.П. Перспективность применения ионизирующего облучения на микробиологическую безопасность пищевой продукции // Лазерные, плазменные исследования и технологии ЛаПлаз-2017. 2017:86-87. Gracheva A.Yu., Ilyukhina N.V., Kalinina Zh.A., Prokopenko A.V., Filippovich V.P. The prospects of using ionizing radiation on the microbiological safety of food products. Laser, plasma research and technologies LaPlaz-2017. 2017:86-87 (in Russian).
86. Шишкина Н.С., Карастоянова О.В., Федянина Н.И., Борченкова Л.А. Исследование влияния обработки ионизирующими излучениями на лежкоспособность фруктов при холодильном хранении с использованием модифицированной газовой среды // Холодильная техника. 2018;12:42-47. Shishkina N.S., Karastoyanova O.V., Fedyanina N.I., Borchenkova L.A. Study of the influence of treatment by ionizing radiation on fruit keeping quality during cold storage under modified atmosphere conditions. Refrigeration Equipment. 2018;12:42-47 (in Russian).
87. Першакова Т.В., Купин Г.А., Михайлюта Л.В., Панасенко Е.Ю., Лисовой В.В., Викторова Е.П. Исследование влияния электромагнитного поля на изменение микробиальной обсемененности растительного сырья в процессе хранения // Успехи современного естествознания. 2016;5:74-78. Pershakova T.V., Kupin G.A., Mikhaylyuta L.V., Panasenko E.Yu., Lisovoy V.V., Viktorova E.P. Study of the effect of electromagnetic fields on the change of microbial contamination of vegetable raw materials during storage. Advances in Current Natural Sciences. 2016;5:74-78 (in Russian).
88. Шишкина Н.С., Карастоянова О.В., Шаталова Н.И., Левшенко М.Т., Коровкина Н.В. Эффективная комплексная технология хранения фруктов и овощей с применением ионизирующих излучений и модифицированием состава газовой среды // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы. 2018:318-321. Shishkina N.S., Karastoyanova O.V., Shatalova N.I., Levshenko M.T., Korovkina N.V. Effective complex technology of storage of fruits and vegetables with application of ionizing radiations and modification of the composition of the gas media. Radiation Technologies in Agriculture and Food Industry: Condition and Prospects. 2018:318-321 (in Russian).
89. Петров А.Н., Шишкина Н.С., Шаталова Н.И. Перспективные направления применения ионизирующих излучений для оптимизации технологии хранения и переработки плодоовощной продукции // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы. 2018:222-224. Petrov A.N., Shishkina N.S., Shatalova N.I. Promising directions of application of ionising radiation for optimization of the technology of storage and processing of horticultural products. Radiation Technologies in Agriculture and Food Industry: Condition and Prospects. 2018:222-224 (in Russian).
90. Русанова Л.А. Современные способы хранения плодов, овощей, ягод и винограда // Сфера услуг: инновации и качество. 2013;13:11. Rusanova L.A. Modern methods of storing fruits, vegetables, berries and grapes. Sector of Service: Innovations and Quality. 2013;13:11 (in Russian).
91. Матвиенко А.Н., Лисовой В.В., Казиминова М.А., Схалыхов А.А. Технологии хранения фруктов и овощей для производства консервированной продукции // Новые технологии. 2014;1:22-28. Matvienko A.N., Lisovoy V.V., Kazimirova M.A., Skhalyakhov A.A. Technologies of fruit and vegetable storage for the production of canned foods. New Technologies. 2014;1:22-28 (in Russian).
92. Prajapati U., Asrey R., Varghese E., Singh A.K., Singh M.P. Effects of postharvest ultraviolet-C treatment on shelf-life and quality of bitter melon fruit during storage. Food Package. Shelf Life. 2021;28(4):100665. DOI 10.1016/j.fpsl.2021.100665.
93. Pristijono P., Bowyer M.C., Papoutsis K., Scarlett C.J., Vuong Q.V., Stathopoulos C.E. Improving the storage quality of Tahitian limes (*Citrus latifolia*) by pre-storage UV-C irradiation. Journal of Food Science and Technology. 2019;56(3):1438-1444. DOI 10.1007/s13197-019-03623-x.
94. Sabir F., Sabir A., Unal S. Quality response of minimally processed 'Alphonse Lavallée' table grapes during cold storage as influenced by preharvest sustained deficit irrigation and postharvest UV-C irradiation. Erwerbs-Obstbau. 2021;63(1):141-148. DOI 10.1007/s10341-021-00592-4.
95. Zhang S., Kuramoto R., Wu W., Hamanaka D. Effects of ultraviolet irradiation on quality and bacterial diversity of fresh-cut cabbage during storage. Food Science and Technology Research. 2024;30(4):447-456. DOI 10.3136/fstr.FSTR-D-23-00236.
96. Fauziah P.Y., Bintoro N., Karyad J.N.W. Effect of ultraviolet-C treatments and storage room condition on the respiration rate, weight loss, and color change of Shallots (*Allium ascalonicum* L.) during storage. IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2020;449(1):012021. DOI 10.1088/1755-1315/449/1/012021.

Информация об авторах

Светлана Валентиновна Левченко, д-р с.-х. наук, ученый секретарь, гл. науч. сотр. лаборатории хранения винограда; e-мэйл: svelevchenko@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5423-0520>;

Александр Вадимович Романов, мл. науч. сотр. лаборатории хранения винограда; e-мэйл: cod7-4orever@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9999-2657>;

Владимир Александрович Бойко, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. лаборатории хранения винограда; e-мэйл: vovhim@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2401-7531>;

Дмитрий Юрьевич Белаш, мл. науч. сотр. лаборатории хранения винограда; e-мэйл: dima-244@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3525-2948>.

Information about authors

Svetlana V. Levchenko, Dr. Agric. Sci., Scientific Secretary, Chief Staff Scientist, Laboratory of Grape Storage; e-mail: svelevchenko@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5423-0520>;

Aleksandr V. Romanov, Junior Staff Scientist, Laboratory of Grape Storage; e-mail: cod7-4orever@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9999-2657>;

Vladimir A. Boiko, Cand. Agric. Sci., Senior Staff Scientist, Laboratory of Grape Storage; e-mail: vovhim@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2401-7531>;

Dmitriy Yu. Belash, Junior Staff Scientist, Laboratory of Grape Storage; e-mail: dima-244@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3525-2948>.

Статья поступила в редакцию 20.09.2024, одобрена после рецензии 03.10.2024, принята к публикации 20.11.2024.

Оценка перспективности штаммов дрожжей для производства игристых вин из сорта Сары пандас

Шмигельская Н.А.[✉], Макаров А.С., Лутков И.П., Максимовская В. А., Сивочуб Г.В., Тимошенко Е.А., Дзотцоева Э.Э.

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

[✉]nata-ganaj@yandex.ru

Аннотация. Использование аборигенных сортов для производства винопродукции, в том числе и игристых вин, является перспективным направлением развития виноградо-винодельческой отрасли. При этом для формирования продукции высокого качества необходимо подбирать технологические решения, позволяющие раскрыть сортовой потенциал винограда. Одним из таких технологических приемов, позволяющих регулировать накопление отдельных компонентов химического состава вино-материалов, а также направленно формировать разные профили ароматов и др., является подбор штаммов дрожжей. Выделение наиболее перспективных культур дрожжей на основании оценки их влияния на показатели качества вино-материалов для игристых вин, полученных из автохтонных сортов винограда, является актуальным направлением. Объектами исследований являлись вино-материалы, выработанные из аборигенного сорта Сары пандас, произрастающего в с. Морское (г. Судак), с использованием пяти штаммов дрожжей (I-527 (контроль), I-633, I-539, I-596, I-534, I-19), рекомендуемых для производства игристых вин. Выделены перспективные штаммы (I-539, I-596, I-633) для производства вино-материалов для игристых вин, которые по сравнению с контрольным вариантом обладали более высокими значениями показателей: аминного азота – в 1,1-1,2 раза, что обеспечит необходимое питание дрожжам при проведении вторичного брожения; сложных эфиров – в 1,1-1,3 раза; более низким значением альдегидов – в 1,2-1,8 раза. Отмечено превалирование полисахаридно-белковой фракции ($\geq 51\%$) над фенольной в комплексе биополимеров, что оказало благоприятное влияние на органолептические характеристики вино-материалов (на фоне сортового аромата проявляются выраженные цветочные, леденцово-карамельные, фруктовые оттенки), в том числе на формирование их пенящихся свойств ($V_{max} \geq 1000 \text{ см}^3$ и $t > 120 \text{ с}$). Полученные результаты могут быть использованы для контроля процесса производства вино-материалов для игристых вин из крымских аборигенных сортов винограда.

Ключевые слова: виноград; вино-материал; штамм дрожжей; качественные и количественные показатели вино-материалов; органолептическая оценка.

Для цитирования: Шмигельская Н.А., Макаров А.С., Лутков И.П., Максимовская В.А., Сивочуб Г.В., Тимошенко Е.А., Дзотцоева Э.Э. Оценка перспективности штаммов дрожжей для производства игристых вин из сорта Сары пандас // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):396-402. EDN UGXQEJ.

ORIGINAL RESEARCH

Prospective assessment of yeast strains for the production of sparkling wines from 'Sary Pandas' grape variety

Shmigelskaia N.A.[✉], Makarov A.S., Lutkov I.P., Maksimovskaia V.A., Sivochoub G.V., Timoshenko E.A., Dzotsoeva E.E.

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russia

[✉]nata-ganaj@yandex.ru

Abstract. The use of aboriginal varieties for wine production, including sparkling wines, is a promising direction for the development of viticulture and winemaking. At the same time, for high-quality production, it is necessary to select technological solutions in order to reveal the varietal potential of grapes. One of such technological methods that allows regulating the accumulation of separate chemical composition constituents of base wines, as well as target forming of different aroma profiles, etc., is the selection of yeast strains. Isolation of the most promising yeast cultures based on the assessment of their impact on the qualitative indicators of base wines for sparklings obtained from autochthonous grape varieties is a matter of great current interest. The objects of research were base wines produced from the aboriginal variety 'Sary Pandas' growing in the village Morskoye (Sudak), using five yeast strains (I-527-control, I-633, I-539, I-596, I-534, I-19), recommended for the production of sparkling wines. Promising strains (I-539, I-596, I-633) for the production of base wines for sparklings were isolated. Compared with the control variant, they had higher values of the following parameters: amine nitrogen - by 1.1-1.2 times, to provide necessary yeast nutrition during secondary fermentation; esters - by 1.1-1.3 times; and lower aldehyde values - by 1.2-1.8 times. The prevalence of polysaccharide-protein fraction ($\geq 51\%$) over the phenolic one in the biopolymer complex was observed, which had a beneficial effect on organoleptic characteristics of base wines (intense floral, candy-caramel, fruity hints appeared in the background of varietal aroma), as well as on the formation of their foaming properties ($V_{max} \geq 1000 \text{ cm}^3$ and $t > 120 \text{ sec.}$). The obtained results can be used to control the process of producing base wines for sparklings from Crimean aboriginal grape varieties.

Key words: grapes; base wine; yeast strain; qualitative and quantitative indicators of base wines; organoleptic assessment.

For citation: Shmigelskaia N.A., Makarov A.S., Lutkov I.P., Maksimovskaia V.A., Sivochoub G.V., Timoshenko E.A., Dzotsoeva E.E. Prospective assessment of yeast strains for the production of sparkling wines from 'Sary Pandas' grape variety. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):396-402. EDN UGXQEJ (in Russian).

Введение

Вино является многокомпонентной системой, на формирование качества которой оказывает влияние

ряд факторов: почвенно-климатические условия выращивания винограда [1-5], сортовые и технологические особенности сырья [6-11], параметры и режимы технологии производства [12-15] и др. На современном этапе развития виноградо-винодельческой от-

© Шмигельская Н.А., Макаров А.С., Лутков И.П., Максимовская В.А., Сивочуб Г.В., Тимошенко Е.А., Дзотцоева Э.Э., 2024

расли определенное внимание отводится использованию аборигенных сортов винограда. Данный аспект обусловлен как проявлением их относительной стрессоустойчивости к неблагоприятным природно-климатическим условиям, так и формированием уникальных органолептических характеристик в готовой продукции [16-18]. В связи с их достаточно широким перечнем – только в Крыму насчитывают порядка 110 аборигенных сортов винограда [19], проводятся всесторонние научно-исследовательские работы по разработке информационных моделей этих сортов [20-21], выявлению отличительных особенностей их химического состава [22-23], перспективности как сырья для производства винопродукции разного типа [28-30], влиянию на качество получаемой из них продукции [24-27] и др. Однако в производственных посадках имеется ограниченный перечень аборигенных сортов, среди которых Кокур белый, Кефесия, Эким кара, Джеват кара и др. Расширение данного перечня обуславливает необходимость подбора технологии производства вин из конкретного сорта винограда с учетом его сортовых особенностей. Одним из технологических приемов, позволяющим более полно раскрыть потенциал винограда, влияющим на накопление отдельных компонентов виноматериалов, а также способствующим формированию разных профилей ароматов и др., является подбор штаммов дрожжей. В производстве игристых вин важным этапом является отбор культур дрожжей для первичного брожения, в результате деятельности которых проходят сложные биохимические процессы, позволяющие формировать типичные свойства и качество виноматериалов и, как следствие, игристых вин. Вышеизложенное обуславливает актуальность исследований влияния рас дрожжей на показатели качества виноматериалов для игристых вин из аборигенных сортов винограда с целью оценки их перспективности применения в данном направлении.

Целью исследований является оценка перспективности штаммов дрожжей для производства игристых вин на основании изучения химического состава и физико-химических свойств виноматериалов из сорта Сары пандас.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований являлись виноматериалы (в/м), выработанные из аборигенного сорта Сары пандас, произрастающего в с. Морское (г. Судак). Опытные образцы получены в условиях микровиноделия по белому способу, согласно общепринятой технологической схеме [31], с применением разных селекционных штаммов дрожжей *Sacch. cerevisiae* из ЦКП Коллекция микроорганизмов виноделия «Магарач», рекомендуемых в производстве игристых вин: Артемовская (I-539), Шампанская

Г-14 (I-596), Шампанская МБР 22-6 (I-633), ШМ-30 (I-534), Штейнберг (I-19), в качестве контроля использован штамм дрожжей 47-К (I-527), рекомендуемый для производства виноматериалов для игристых вин [32].

Физико-химические показатели виноматериалов определяли по стандартизированным и принятым в виноделии методам анализа [33]; пенные свойства (максимальный объем пены и время разрушения пены) определяли по СТО 01580301.015-2017); органолептические свойства – методами сенсорного анализа в соответствии с ГОСТ 32051-2013 и Положением о дегустационной комиссии института «Магарач» по шкале оценки виноматериалов – не ниже 7,50 баллов (по 8-балльному отрезку 10-балльной шкалы); микробиологический контроль в соответствии с «Инструкцией по микробиологическому контролю винодельческого производства» (ИК 9170-1128-00334600-07); обработку данных – методами математической статистики. Эксперименты проводили в 3-кратной повторности. При обработке полученных данных применяли методы математической статистики (уровень достоверности $p < 0,05$) с использованием пакета программ Microsoft Excel и Statistica.

Результаты и их обсуждение

Все опытные виноматериалы по физико-химическим показателям (объемная доля этилового спирта; массовые концентрации титруемых кислот, летучих кислот, остаточных сахаров, приведенного экстракта) соответствовали требованиям ГОСТ 33336 «Игристые вина. Общие технические условия» (таб.). Объемная доля этилового спирта находилась в диапазоне 11,4-11,6 %, массовая концентрация остаточных сахаров – 1,0-1,4 г/дм³, титруемых кислот – в пределах 6,7-7,1 г/дм³, летучих кислот – 0,31-0,4 г/дм³; приведенного экстракта – 19,8-20,7 г/дм³; а величина рН – 3,1-3,2.

Выявлено, что по объемной доле этилового спирта, массовым концентрациям остаточных сахаров, летучих кислот, приведенного экстракта, окислитель-

Таблица. Физико-химические показатели и органолептическая оценка виноматериалов из сорта Сары пандас (средние значения)

Table. Physicochemical indicators and organoleptic evaluation of base wines from 'Sary Pandas' grape variety (average values)

Показатель	ГОСТ	Штаммы дрожжей					
		I-527	I-539	I-596	I-633	I-534	I-19
Объемная доля этилового спирта, %	9,0-13,0	11,5	11,4	11,6	11,5	11,5	11,5
Массовая концентрация титруемых кислот, г/дм ³	5,5-10,0	6,7	6,8	6,8	6,8	7,1	7,1
летучих кислот, г/дм ³	≤ 0,8	0,40	0,36	0,40	0,31	0,38	0,41
остаточных сахаров, г/дм ³	≤ 4,0	1,1	1,2	1,0	1,1	1,2	1,2
приведенного экстракта, г/дм ³ ≥ 16	20,2	20,7	19,8	19,7	20,0	20,5	
аминного азота, мг/дм ³	–	118	136	126	140	112	105
Величина Eh, mV	–	214	215	216	215	212	217
Величина рН	–	3,2	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
Дегустационная оценка, балл	–	7,78	7,77	7,76	7,77	7,60	7,64

Примечание: знак «-» означает, что показатель не нормируется

но-восстановительному потенциалу и активной кислотности образцы виноматериалов, приготовленные с использованием указанных рас дрожжей, практически не отличались. При этом в образцах виноматериалов, приготовленных с использованием рас дрожжей ШМ-30 и Штейнберг, отмечено, что массовая концентрация титруемых кислот выше по сравнению с контролем (раса дрожжей 47-К) в среднем на 6 %, что является благоприятным фактором в производстве виноматериалов для игристых вин.

Особое внимание в производстве виноматериалов для игристых вин отводится веществам, обладающим поверхностно-активными свойствами и участвующим в формировании специфических свойств игристых вин. К таким компонентам относится аминный азот, массовая концентрация которого в изучаемых образцах находилась в диапазоне – от 105 до 140 мг/дм³. В образцах виноматериалов, полученных с применением рас дрожжей Артемовская, Шампанская Г-14, Шампанская МБР 22-6, концентрация рассматриваемого показателя составляла 126-140 мг/дм³, что в среднем в 1,1-1,2 раза выше, чем значения показателя в контрольном варианте, и в 1,2-1,3 раза выше, чем в вариантах с использованием штаммов I-534 и I-19. Следует отметить, что пониженное содержание аминного азота в образцах виноматериалов с использованием штаммов I-527, I-534 и I-19 требует контроля и корректировки при составлении бродильной смеси для обеспечения необходимого питания дрожжам при вторичном брожении.

При оценке пенистых свойств виноматериалов (максимального объема пены, см³ и времени разрушения пены, с) отмечено, что все образцы имели значения данных показателей на уровне $V_{max} \geq 900 \text{ см}^3$ и $t > 120 \text{ с}$. Согласно исследованиям Колосова С.А. [34], виноматериалы с выраженными пенистыми свойствами характеризуются максимальным объемом пены не менее 1000 см³ и временем ее разрушения не менее 60 с. Как видно из данных, представленных на рис. 1, указанным рекомендациям соответствовали образцы виноматериалов, полученные с использованием культур дрожжей I-539, I-596, I-633, как и контрольный вариант I-527. При этом в контроле и в варианте с применением штамма I-633, несмотря на высокое значение максимального объема пены, время существования пены было ниже в 1,5 раза. В виноматериалах, полученных с использованием штаммов I-534 и I-19, несмотря на высокую устойчивость пены, максимальный объем пены составлял 900-950 см³, что в 1,2-1,3 раз ниже, чем в других опытных вариантах и в контроле.

Необходимо отметить, что в формировании пенистых свойств важную роль отводят биополимерному комплексу виноматериалов. В связи с этим на следующем этапе исследований оценивали влияние различных штаммов дрожжей на состав (%) биополимерного комплекса винома-

териалов (рис. 2). Установлено, что соотношение полисахаридно-белковой и фенольной составляющей в биополимерном комплексе влияет на пенистые свойства виноматериалов: преобладание фенольной составляющей ($\geq 55\%$), отмечаемое в виноматериалах, полученных на штаммах I-534 и I-19 сопровождалось снижением максимального объема пены до 900 см³, что в 1,2 раза ниже, чем в контрольном в/м. Преобладание полисахаридно-белковой доли ($\geq 51\%$) отмечено в вариантах, выработанных с использованием штаммов I-539, I-596, I-633, значения которых были наравне с контрольным вариантом. Максимальный объем пены в этих вариантах превышал 1000 см³.

Оценивая влияние исследуемых штаммов дрожжей на формирование ароматобразующего комплекса виноматериалов (концентрацию альдегидов и сложных эфиров), отметим следующее. Во всех опытных образцах массовая концентрация альдегидов была в пределах от 41 до 60 мг/дм³, что в 1,2-1,8 раз

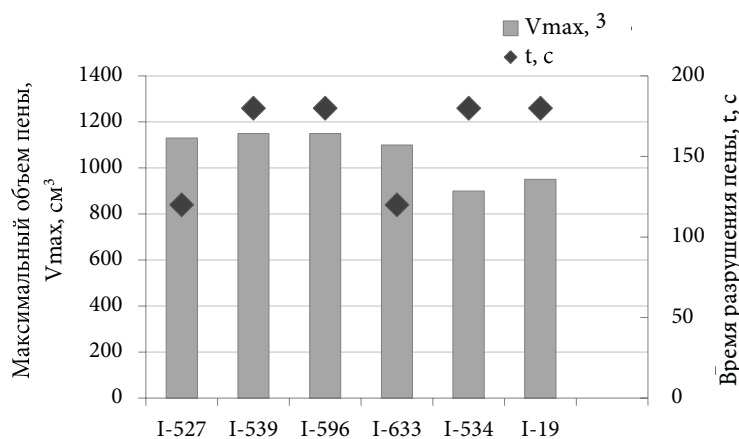


Рис. 1. Влияние используемых штаммов дрожжей на формирование пенистых свойств виноматериалов

Fig. 1. The effect of yeast strains used on the formation of foaming properties of base wines

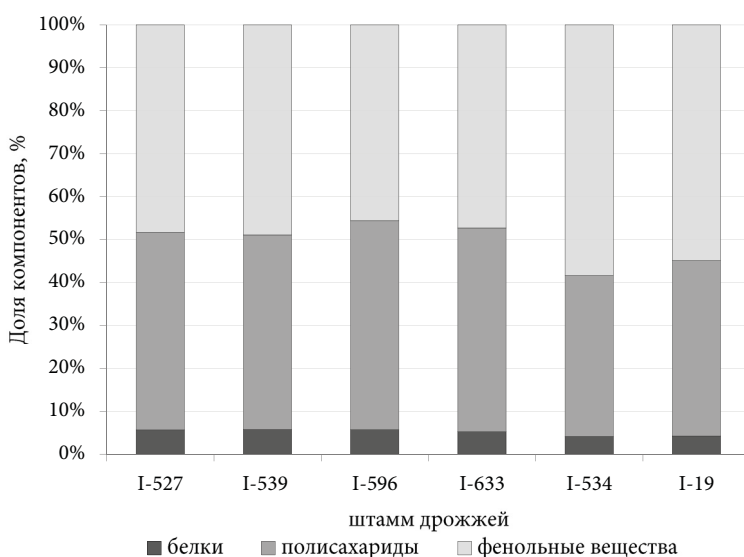


Рис. 2. Состав, % биополимерного комплекса виноматериалов, полученных с использованием различных штаммов дрожжей

Fig. 2. Composition, % of biopolymer complex of base wines obtained using various yeast strains

ниже, чем в контрольном варианте. Более низкие значения (на уровне 41-44 мг/дм³) отмечены в вариантах с использованием штаммов I-534 и I-19. Известно, что при массовой концентрации альдегидов свыше 100 мг/дм³ в аромате вин отмечают появление тонов окисленности [35], что негативно сказывается на качестве готового продукта. В исследуемых образцах значение данного показателя ниже в 1,7-2,4 раза, что является положительным фактором.

При изучении массовой концентрации сложных эфиров отмечены образцы с более высоким содержанием данного показателя: виноматериалы, полученные с применением штаммов I-633 (в среднем 103,4 мг/дм³), I-539 (в среднем 86,1 мг/дм³), I-596 (в среднем 84,4 мг/дм³), значения которых выше контроля в 1,1-1,3 раза. Варианты, полученные с применением дрожжей I-534 и I-19, характеризовались меньшей массовой концентрацией сложных эфиров в среднем в 1,2 раза, чем контрольный образец, что негативно отразилось на органолептической характеристике данных виноматериалов, они имели слабовыраженный ароматпряно-травянистого направления.

Согласно литературным данным [36], вино столового направления из сорта Сары пандас характеризуется ароматом плодово-медового направления с оттенками луговых трав. Результаты органолептического тестирования виноматериалов для игристых вин, полученных с использованием разных штаммов дрожжей, показали, что все образцы были прозрачными, светло-соломенного цвета, с цветочно-фруктовым ароматом, со свежим гармоничным вкусом, приятным послевкусием и оценены на уровне 7,60-7,78 баллов. Наиболее высоко (оценки на уровне 7,76-7,78 баллов) дегустаторами были отмечены образцы виноматериалов, полученные с использованием штаммов: 47-К (с тонким ароматом цветочно-растительного направления, с выраженными оттенками экзотических фруктов); Артемовская (с ароматом цветочно-медового направления, с проявлением леденцовых ноток и оттенков луговых трав); Шампанская МБР 22-6 (с цветочно-фруктовым ароматом, с легкими карамельными нотами и пряно-травянистыми оттенками); Шампанская Г-14 (с тонким ароматом цветочного направления, с изящными пряно-травянистыми оттенками), способствующих формированию аромата характерного для сорта Сары пандас разного сенсорного направления – с выраженными цветочными, леденцово-карамельными, фруктовыми тонами.

Выводы

В результате исследований установлены следующие закономерности.

Так, штаммы дрожжей I-534, I-19 способствовали получению виноматериалов с более высоким (в сравнении с контролем) содержанием титруемых кислот (на 6 %), что может быть использовано при необходимости корректировки данного показателя при переработке винограда с невысоким значением титруе-

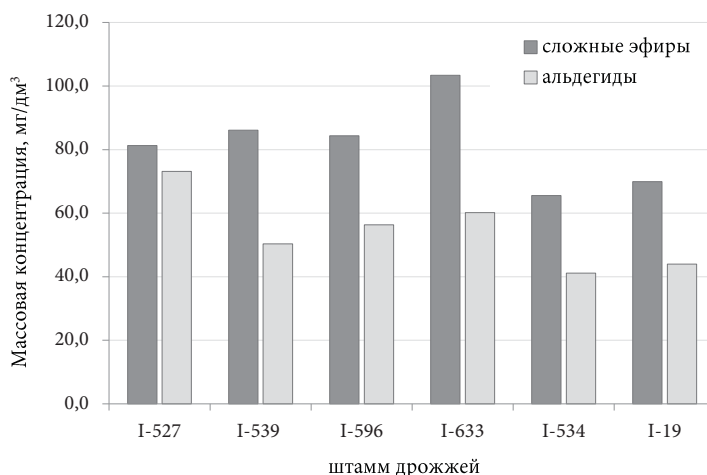


Рис. 3. Массовая концентрация компонентов ароматобразующего комплекса в виноматериалах, полученных с использованием разных штаммов дрожжей

Fig. 3. Mass concentration of the components of aroma-producing complex in base wines obtained using different yeast strains

мой кислотности; при этом имели более низкие значения аминного азота, что потребует корректировки данного показателя при подготовке виноматериала ко вторичному брожению. Данные штаммы характеризуются преобладанием фенольной составляющей ($\geq 55\%$), что способствовало снижению максимального объема пены (в 1,2 раза); меньшей концентрацией сложных эфиров (в 1,2 раза), что отразилось отрицательно на органолептической характеристике образцов.

Виноматериалы, приготовленные с использованием штаммов дрожжей I-539, I-596, I-633, в сравнении с контролем, обладали более высокими значениями показателей аминного азота – в 1,1-1,2 раза, сложных эфиров – до 24%, более низким значением альдегидов – в 1,2-1,8 раза, превалированием полисахаридно-белковой фракции ($\geq 51\%$) в комплексе биополимеров, что оказало благоприятное влияние на органолептические показатели виноматериалов (на фоне сортового аромата проявляются выраженные цветочные, леденцово-карамельные, фруктовые оттенки), в том числе на формирование их пенных свойств ($V_{\max} \geq 1000 \text{ см}^3$ и $t > 120 \text{ с}$). Полученные результаты свидетельствуют о перспективности данных штаммов для производства виноматериалов для игристых вин.

Полученные результаты могут быть использованы для контроля процесса производства виноматериалов для игристых вин из крымских аборигенных сортов винограда.

Источник финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания № FZNM-0022-0003.

Financing source

The work was conducted under public assignment No. FZNM-0022-0003.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Лопаткина Е.В., Зимин Г.В. Влияние почвенно-климатических условий на рост и развитие автохтонного донского сорта винограда Сибирьковский. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2024;89(5):1-10. DOI 10.30679/2219-5335-2024-5-89-1-10.
2. Рыбалко Е.А., Баранова Н.В. Агроэкологическое районирование Крымского полуострова для выращивания винограда // Системы контроля окружающей среды. 2018;11(31):90-94.
3. Leeuwen C.J., Reynolds A.G. Terroir: The effect of the physical environment on vine growth, grape ripening, and wine sensory attributes. In: A.G. Reynolds (eds.), *Managing Wine Quality* (Second Edition). Woodhead Publishing. 2022:341-393. DOI 10.1016/B978-0-08-102067-8.00005-1.
4. Остроухова Е.В., Пескова И.В., Бойко В.А., Левченко С.В. Влияние агроклиматических факторов на формирование качества и антиоксидантного комплекса винограда и вина сорта Каберне Совиньон. Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. 2024;62(3):224-237. DOI 10.29235/1817-7204-2024-62-3-224-237.
5. Аникина Н. С., Гержилова В. Г., Червяк С. Н., Гниломедова Н. В., Весютова А. В., Сластия Е. А., Ермихина М.В., Олейникова В. А. Сравнительная характеристика виномаериалов из белых сортов винограда, выращенного в различных виноградо-винодельческих районах Крыма. «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2023;25(3):291-297. DOI 10.34919/IM.2023.25.3.011.
6. Калмыкова Н.Н., Калмыкова Е.Н., Гапонова Т.В. Влияние сортовых особенностей винограда, на характер и качество сухих белых вин. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020;66:323-333. DOI 10.30679/2219-5335-2020-6-66-323-333.
7. Чурсина О.А., Легашева Л.А., Загоруйко В.А., Соловьева Л.М., Соловьев А.Е., Удод Е.Л., Мартыновская А.В., Ульяновцев С.О., Гаске З.И. Влияние сортовых особенностей винограда на качество и состав летучих веществ молодых коньячных дистиллятов. «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2019;21(2):168-173. DOI 10.35547/IM.2019.21.2.018.
8. Scepánovic R. P., Vuletić D., Christofi S., Kallithraka S. Maceration duration and grape variety: key factors in phenolic compound enrichment of Montenegro red wine. *OENO One*. 2024;58(3). DOI 10.20870/oeno-one.2024.58.3.8099.
9. Parr W.V., Grose C., Hedderley D., Maraboli M.M., Masters O., Araujo L.D., Valentin D. Perception of quality and complexity in wine and their links to varietal typicality: An investigation involving Pinot Noir wine and professional tasters. *Food Research International*. 2020;137:109423.
10. Gajek M., Pawlaczek A., Szyrkowska-Jozwik, M. I. Multi-elemental analysis of wine samples in relation to their type, origin, and grape variety. *Molecules*. 2021;26(1):214. DOI 10.3390/molecules26010214.
11. Якименко Е.Н., Агеева Н.М., Якуба Ю.Ф. Биохимический состав столовых вин в зависимости от сорта винограда. Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2019;25:196-200. DOI 10.30679/2587-9847-2019-25-196-200.
12. Kulhankova M., Prusova B., Licek J., Kumsta M., Baron M. Impact of technological operations on oxygen consumption during wine production. *Acta Alimentaria*. 2023;52(2):281-293. DOI 10.1556/066.2023.00018.
13. Bagirzadeh A., Omarov Y., Naciyeva A., Gurbanova S., Gasimova A., Ismayilov M., Nabiyeu A. Improvement of the production technology of tokay wines based on the revealed effect of enzyme activity on the quality of grape variety. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023;122(11):49-62. DOI 10.15587/1729-4061.2023.276251.
14. Шмигельская Н.А., Яланецкий А.Я. Влияние технологии углекислотной мацерации на качественный состав красных виномаериалов. «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2014;(4):25-28.
15. Антоненко О.П., Шелудько О.Н., Антоненко М.В., Резниченко К.В. Исследование состава летучих компонентов безалкогольных вин, полученных методом вакуумной дистилляции // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2024;4(205):152-159. DOI 10.36718/1819-4036-2024-4-152-159.
16. Макаров А.С., Лутков И.П., Шмигельская Н.А., Максимовская В.А., Сивочуб Г.В., Белякова О.М., Сластия Е.А. Физико-химические показатели крымских и донских аборигенных красных сортов винограда в системе «виноград-виномаериал». «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2020;22(1):56-62. DOI 10.35547/IM.2020.22.1.012.
17. Наумова Л.Г., Ганич В.А. Сохранение и изучение генофонда автохтонных донских сортов винограда на коллекции ВНИИВиВ им. Я.И. Потапенко. «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2017;1:9-13.
18. Самвелян А.Г. Оценка перспективности использования белых автохтонных сортов винограда Бананц и Гаран Дмак в производстве высококачественных вин в Армении. «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2023;25(1):84-86. DOI 10.34919/IM.2023.25.1.012.
19. Лиховской В.В., Зармаев А.А., Полулях А.А., Волынкин В.А., Гориславец С.М., Рисованная В.И., Борисенко М.Н., Сапсай А.О. Ампельография аборигенных и местных сортов Крыма: монография / Под ред. Лиховского В.В. – Симферополь: ООО «Форма», 2018:1-140.
20. Остроухова Е.В., Пескова И.В., Пробейголова П.А., Луткова Н.Ю. Анализ технологических параметров винограда крымских аборигенных сортов: разработка информационных моделей. «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2018;2(104):31-34.
21. Makuev G.A., Isrigova T.A., Mukailov M.D., Salmanov M.M., Magomedov M.G., Technological assessment of native grape varieties for winemaking in the conditions of Southern Dagestan. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing. 2022;979(1):012018. DOI 10.1088/1755-1315/979/1/012018.
22. Шмигельская Н.А., Макаров А.С., Лутков И.П., Максимовская В.А., Сивочуб Г.В. Оценка физико-химических показателей селекционных и аборигенных сортов винограда для производства красных игристых вин. «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(2):154-159.
23. Shmigelskaia N., Lutkov I., Maksimovskaia V., Sivochoub G., Timoshenko E. Special characteristics of technological indicators of white aboriginal grape varieties. *BIO Web of Conferences*. 2023;78:06005. DOI 10.1051/bioconf/20237806005.
24. Madžgalj V., Petrović A., Čakar U., Maraš V., Sofrenić I., Tešević V. The influence of different enzymatic preparations and skin contact time on aromatic profile of wines produced from autochthonous grape varieties Krstac and Zizak. *Journal of the Serbian Chemical Society*. 2023;88(1):11-23. DOI 10.2298/JSC220311056M.
25. Alcalde-Eon C., Ferreras-Charro R., García-Estévez I., Escribano-Bailón M.T. In search for flavonoid and colorimetric varietal markers of *Vitis vinifera* L. cv Rufete wines. *Current Research in Food Science*. 2023;6:100467. DOI 10.1016/j.crf.2023.100467.
26. Beara I.N., Torović L.D., Pintač D.D., Majkić T.M., Orčić D.Z., Mimica-Dukić N.M., Lesjak M.M. Polyphenolic composition and antioxidant activity of Galician monovarietal wines from native and experimental

- non-native white grape varieties. *International Journal of Food Properties*. 2017;20(3):S2552-S2568. DOI 10.1080/10942912.2015.1126723.
27. Вакуловская Н.А. Влияние режима нагревания суслу с погружением в него гроздей винограда сорта Красностоп золотовский на органолептические свойства. *Health, Food & Biotechnology*. 2023;5(4):53-59. DOI 10.36107/hfb.2023.i4.s191.
28. Chursina O.A., Zagorouiko V.A., Legasheva L.A., Martynovskaya A.V., Prostak M.N. Evaluation of technological characteristics of Crimean native grape variety 'Shabash' for brandy production. *E3S Web of Conferences*. 2020;175(2020):08007. DOI 10.1051/e3sconf/202017508007.
29. Zhang X.K., Liu P.T., Zheng X.W., Li Z.F., Sun J.P., Fan J.S., Ye D.G., Li D.M., Wang H.G., Yu Q.Q., Ding Z.Yu. The role of aboriginal yeasts in shaping the chemical and sensory profiles of wine: effects of different strains and varieties. *Molecules*. 2024;29(17):4279. DOI 10.3390/molecules29174279.
30. Susaj E., Susaj L. Productivity and oenological characteristics of nine clones of 'Ceruja' white wine Grapevine variety in Lis, Mat, at North-Eastern Part of Albania. *Journal of the Austrian Society of Agricultural Economics*. 2023;19(07):1825-1834.
31. Сборник основных правил, технологических инструкций и нормативных материалов по производству винодельческой продукции / Под общей ред. Н.Г. Саришвили. - М.: Пищепромиздат. 1998:1-242.
32. Каталог промышленных штаммов дрожжей для виноделия / Составители: Танащук Т.Н., Иванова Е.В., Кишковская С.А., Шаламитский М.Ю., Луткова Н.Ю., Загоруйко В.И., Семенова К.А. Симферополь: ИП Корниенко А.А. 2024:1-52.
33. Методы технокимического контроля в виноделии / Под ред. Гержиковой В.Г. (2-е изд.). Симферополь: Таврида, 2009:1-304.
34. Колосов С.А. Влияние сортовой особенности винограда на пенообразующую способность виноматериалов // Виноградарство и виноделие: Сб. науч. тр. ИВиВ «Магарач». 2003;34:87-90.
35. Нилов В.И., Датунашвили Е.Н., Налимова А.А. К процессам, протекающим при выдержке вин на дрожжах // Труды ВНИИВиВ «Магарач». 1960;9:153-167.
36. Захарьин В.А. Автохтоны Крыма. Виноград и вино. Симферополь: ИТ АРИАЛ, 2019:1-236.
- regions of Crimea. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2023;25(3):291-297. DOI 10.34919/IM.2023.25.3.011 (in Russian).
6. Kalmykova N.N., Kalmykova E.N., Gaponova T.V. Influence of grape variety features on the nature and quality of dry white wines. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2020;66:323-333. DOI 10.30679/2219-5335-2020-6-66-323-333 (in Russian).
7. Chursina O.A., Legasheva L.A., Zagorouiko V.A., Solovyova L.M., Solovyov A.E., Udod E.L., Martynovskaya A.V., Uluantsev S.O., Gaske Z.I. The effect of grapevine varietal features on the quality and composition of volatile substances of young brandy distillates. *Magarach. Viticulture and Winemaking*, 2019;21(2):168-173. DOI 10.35547/IM.2019.21.2.018 (in Russian).
8. Scepanovic R. P., Vuletic D., Christofi S., Kallithraka S. Maceration duration and grape variety: key factors in phenolic compound enrichment of Montenegrin red wine. *OENO One*. 2024;58(3). DOI 10.20870/oenone.2024.58.3.8099.
9. Parr W.V., Grose C., Hedderley D., Maraboli M.M., Masters O., Araujo L.D., Valentin D. Perception of quality and complexity in wine and their links to varietal typicality: An investigation involving Pinot Noir wine and professional tasters. *Food Research International*. 2020;137:109423.
10. Gajek M., Pawlaczyk A., Szykowska-Jozwik, M. I. Multi-elemental analysis of wine samples in relation to their type, origin, and grape variety. *Molecules*. 2021;26(1):214. DOI 10.3390/molecules26010214.
11. Yakimenko E.N., Ageyeva N.M., Yakuba Yu.F. Biochemical composition of table wines depending on grape variety. *Scientific Works of the North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking*. 2019; 25:196-200. DOI 10.30679/2587-9847-2019-25-196-200 (in Russian).
12. Kulhankova M., Prusova B., Licek J., Kumsta M., Baron M. Impact of technological operations on oxygen consumption during wine production. *Acta Alimentaria*. 2023;52(2):281-293. DOI 10.1556/066.2023.00018.
13. Bagirzadeh A., Omarov Y., Hacıyeva A., Gurbanova S., Gasimova A., Ismayilov M., Nabiyevev A. Improvement of the production technology of tokay wines based on the revealed effect of enzyme activity on the quality of grape variety. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023;122(11):49-62. DOI 10.15587/1729-4061.2023.276251.
14. Shmigelskaia N.A., Yalanetskii A.Ya. The effect of carbonic maceration technology on the qualitative composition of red wine materials. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2014;(4):25-28 (in Russian).
15. Antonenko O.P., Sheludko O.N., Antonenko M.V., Reznichenko K.V. Study of volatile components composition of non-alcoholic wines obtained by vacuum distillation method. *Bulliten of KrasSAU*. 2024;(4):152-159. DOI 10.36718/1819-4036-2024-4-152-159 (in Russian).
16. Makarov A.S., Lutkov I.P., Shmigelskaia N.A., Maksimovskaia V.A., Sivochoub G.V., Beliakova O.M., Slastya E.A. Physicochemical parameters of native red grape varieties of Crimea and Don in the system "grapes - wine material". *Magarach. Viticulture and Winemaking*, 2020;22(1):56-62. DOI 10.35547/IM.2020.22.1.012 (in Russian).
17. Naumova L.G., Ganich V.A. Preservation and study of gene pool of autochthonous Don grape varieties in the Collection ANRIV&W named after Y.I. Potapenko. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2017;1:9-13 (in Russian).
18. Samvelyan A.G. Prospective assessment of using white autochthonous grape varieties 'Banants' and 'Garan Dmak' in the production of high-quality wines in Armenia. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2023;25(1):84-86. DOI 10.34919/IM.2023.25.1.012 (in Russian).

19. Likhovskoi V.V., Zarmaev A.A., Polulyakh A.A., Volynkin V.A., Gorislavets S.M., Risovannaya V.I., Borisenko M.N., Sapsai A.O. Ampelography of aboriginal and local varieties of Crimea: a monograph. Edited by Likhovskoi V.V. Simferopol: LLC Forma. 2018:1-140 (in Russian).
20. Ostroukhova E.V., Peskova I.V., Probeigolova P.A., Lutkova N.Yu. Analysis of the technological parameters of the Crimean autochthonous grape cultivars: development of information models. *Magarach. Viticulture and Winemaking*, 2018;2(104):31-34 (in Russian).
21. Makuev G.A., Isrigova T.A., Mukailov M.D., Salmanov M.M., Magomedov M.G., Technological assessment of native grape varieties for winemaking in the conditions of Southern Dagestan. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. 2022;979(1):012018. DOI 10.1088/1755-1315/979/1/012018.
22. Shmigelskaia N.A., Makarov A.S., Lutkov I.P., Maksimovskaia V.A., Sivochoub G.V., Timoshenko E.A. Assessment of physicochemical indicators of selected and aboriginal grape varieties for the production of red sparkling wines. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2024;26(2):154-159 (in Russian).
23. Shmigelskaia N., Lutkov I., Maksimovskaia V., Sivochoub G., Timoshenko E. Special characteristics of technological indicators of white aboriginal grape varieties. *BIO Web of Conferences*. 2023;78:06005. DOI 10.1051/bioconf/20237806005.
24. Madžgalj V., Petrović A., Čakar U., Maraš V., Sofrenić I., Tešević V. The influence of different enzymatic preparations and skin contact time on aromatic profile of wines produced from autochthonous grape varieties Krstac and Zizak. *Journal of the Serbian Chemical Society*. 2023;88(1):11-23. DOI 10.2298/JSC220311056M.
25. Alcalde-Eon C., Ferreras-Charro R., García-Estévez I., Escribano-Bailón M.T. In search for flavonoid and colorimetric varietal markers of *Vitis vinifera* L. cv Rufete wines. *Current Research in Food Science*. 2023;6:100467. DOI 10.1016/j.crf.2023.100467.
26. Beara I.N., Torović L.D., Pintač D.D., Majkić T.M., Orčić D.Z., Mimica-Dukić N.M., Lesjak M.M. Polyphenolic composition and antioxidant activity of Galician monovarietal wines from native and experimental non-native white grape varieties. *International Journal of Food Properties*. 2017;20(3):S2552-S2568. DOI 10.1080/10942912.2015.1126723.
27. Vakulovskaya N.A. The effect of the wort heating mode with immersion of Krasnostop Zolotovskiy grape variety into it on organoleptic properties. *Health, Food & Biotechnology*. 2023;5(4):53-59. DOI 10.36107/hfb.2023.i4.s191 (in Russian).
28. Chursina O.A., Zagorouiko V.A., Legasheva L.A., Martynovskaya A.V., Prostack M.N. Evaluation of technological characteristics of Crimean native grape variety 'Shabash' for brandy production. *E3S Web of Conferences*. 2020;175(2020):08007. DOI 10.1051/e3sconf/202017508007.
29. Zhang X.K., Liu P.T., Zheng X.W., Li Z.F., Sun J.P., Fan J.S., Ye D.G., Li D.M., Wang H.G., Yu Q.Q., Ding Z. Yu. The role of aboriginal yeasts in shaping the chemical and sensory profiles of wine: effects of different strains and varieties. *Molecules*. 2024;29(17):4279. DOI 10.3390/molecules29174279.
30. Susaj E., Susaj L. Productivity and oenological characteristics of nine clones of 'Ceruja' white wine Grapevine variety in Lis, Mat, at North-Eastern Part of Albania. *Journal of the Austrian Society of Agricultural Economics*. 2023;19(07):1825-1834.
31. Collection of basic rules, technological instructions and regulatory materials for wine production / Under the general editorship of N.G. Sarishvili. M.: Pishchepromizdat. 1998:1-242 (in Russian).
32. Catalogue of industrial yeast strains for winemaking. Compilers: Tanashchuk T.N., Ivanova E.V., Kishkovskaya S.A., Shalamitsky M.Yu., Lutkova N.Yu., Zagorouiko V.I., Semenova K.A. Simferopol: IP Kornienko A.A. 2024:1-52 (in Russian).
33. Methods of technochemical control in winemaking. Edited by Gerzhikova V.G. 2-nd edition. Simferopol: Tavrida. 2009:1-304 (in Russian).
34. Kolosov S.A. Influence of grape varietal characteristics on the foaming capacity of wine materials. *Viticulture and Winemaking: Collection of Scientific Works of the IV&W Magarach*. 2003;34:87-90 (in Russian).
35. Nilov V.I., Datunashvili E.N., Nalimova A.A. On the processes occurring during wine aging on yeast. *Works of the ASRIV&W Magarach*. 1960;9:153-167 (in Russian).
36. Zakharyin V.A. Autochthons of Crimea. *Grapes and Wine*. Simferopol: PH ARIAL, 2019:1-236 (in Russian).

Информация об авторах

Наталья Александровна Шмигельская, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., зав. лабораторией игристых вин; e-мэйл: nata-ganaj@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1244-8115>;

Александр Семёнович Макаров, д-р техн. наук, профессор, гл. науч. сотр. лаборатории игристых вин; e-мэйл: makarov150@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8497-5056>;

Игорь Павлович Лутков, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., вед. науч. сотр. лаборатории игристых вин, начальник отделения виноделия; e-мэйл: igorlutkov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9515-4341>;

Виктория Алексеевна Максимовская, мл. науч. сотр. лаборатории игристых вин; e-мэйл: lazyrit@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2867-7510>;

Галина Владимировна Сивочуб, мл. науч. сотр. лаборатории игристых вин; e-мэйл: galina.sivochub@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5096-9520>;

Екатерина Александровна Тимошенко, мл. науч. сотр. лаборатории игристых вин; e-мэйл: catiuha2717@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7758-0478>;

Элона Эльбрусовна Дзотцоева, вед. инженер лаборатории игристых вин.

Information about authors

Natalia A. Shmigelskaia, Cand. Techn. Sci., Senior Staff Scientist, Head of the Laboratory of Sparkling Wines; e-mail: nata-ganaj@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1244-8115>;

Alexander S. Makarov, Dr. Tech. Sci., Professor, Chief Staff Scientist, Laboratory of Sparkling Wines; e-mail: makarov150@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8497-5056>;

Igor P. Lutkov, Cand. Techn. Sci., Senior Staff Scientist, Leading Staff Scientist, Laboratory of Sparkling Wines, Head of Winemaking Dept.; e-mail: igorlutkov@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9515-4341>;

Viktorina A. Maksimovskaia, Junior Staff Scientist, Laboratory of Sparkling Wines; e-mail: lazyrit@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2867-7510>;

Galina V. Sivochoub, Junior Staff Scientist, Laboratory of Sparkling Wines; e-mail: galina.sivochub@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-5096-9520>;

Ekaterina A. Timoshenko, Junior Staff Scientist, Laboratory of Sparkling Wines; e-mail: catiuha2717@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7758-0478>;

Elona E. Dzotsoeva, Leading Engineer, Laboratory of Sparkling Wines.

Статья поступила в редакцию 15.11.2024, одобрена после рецензии 19.11.2024, принята к публикации 20.11.2024

Апробация дрожжей несхаромицетов ампелоценозов Крыма в виноделии

Семенова К.А.[✉], Шаламитский М.Ю., Луткова Н.Ю., Загоруйко В.И.

Свердловский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН,
г. Ялта, Республика Крым, Россия

[✉]karina.semenova.2013@mail.ru

Аннотация. Ключевую роль в производстве вина играют микроорганизмы, которые обитают на виноградной ягоде и инициируют процесс брожения. Обычно этот процесс осуществляется за счёт чистых культур дрожжей сахаромицетов, которые позволяют полноценно сбродить сусло и получить требуемый результат. Однако на сегодняшний день современное виноделие сталкивается с рядом проблем, которые вызваны изменением климата и потребностью в новых, уникальных и качественных винах. Поэтому требуются новые подходы решения этих проблем, одним из которых является рациональное использование биопотенциала микроорганизмов. Дрожжи, которые не относятся к роду *Saccharomyces*, в технологии производства вина долгое время считались нежелательными, однако сейчас многие исследования указывают на большой потенциал для их использования за счёт различных продуктов метаболизма, которые они синтезируют. В современной мировой винодельческой практике популярно использование дрожжей несхаромицетов, как в виде чистых культур, так и совместно с дрожжами сахаромицетов. Управление брожением с использованием консорциума разных видов дрожжей сложнее, чем при одновидовом, поэтому целью настоящей работы являлось изучение потенциала использования дрожжей несхаромицетов при совместной работе с штаммами дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae*, их влияние на качество и органолептические характеристики виноделия, выработанных в условиях микровиноделия. В результате проведенных исследований установлено, что коинокуляция дрожжей несхаромицетов, выделенных с ампелоценозов Крыма, с сахаромицетами может применяться для регулирования физико-химических показателей: снижения остаточных сахаров за счёт потребления фруктозы, снижения летучих кислот, повышения и понижения кислотности, а также положительно влиять на органолептический профиль вина.

Ключевые слова: виноград; виноделие; *Saccharomyces*; non-*Saccharomyces*; коинокуляция; микровиноделие.

Для цитирования: Семенова К.А., Шаламитский М.Ю., Луткова Н.Ю., Загоруйко В.И. Апробация дрожжей несхаромицетов ампелоценозов Крыма в виноделии // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):403-407. EDN УНОВПУ.

ORIGINAL RESEARCH

Practical testing of non-*Saccharomyces* yeast of Crimean ampeloceneses in winemaking

Semenova K.A.[✉], Shalamitskiy M.Yu., Lutkova N.Yu., Zagoruiko V.I.

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russia

[✉]karina.semenova.2013@mail.ru

Abstract. Microorganisms that inhabit grapes and initiate fermentation process play a key role in wine production. This process is usually carried out using pure cultures of *Saccharomyces* yeast, allowing complete must fermentation and obtaining the result desired. However, today, modern winemaking is facing with a number of problems caused by climate change and a demand for new, unique and high-quality wines. Therefore, new approaches to solving these problems are required, one of which is the rational use of biological potential of microorganisms. Yeasts that do not belong to the genus *Saccharomyces* in wine production technology have been considered undesirable for a long time, but now many studies indicate great potential for their use due to various metabolic products that they synthesize. In modern international winemaking practice, the use of non-*Saccharomyces* yeast is popular, both as pure cultures and together with *Saccharomyces* yeast. Fermentation control using a consortium of different yeast species is rather more complex than with a single-species one, so the aim of this work was to study the potential of using non-*Saccharomyces* yeast in combination with *Saccharomyces cerevisiae* yeast strains, and the effect on the quality and organoleptic characteristics of wine materials produced under microwinemaking conditions. As a result of the studies conducted, it was established that coinoculation of non-*Saccharomyces* yeast isolated from Crimean ampeloceneses with *Saccharomyces* cultures can be used to regulate such physicochemical parameters as reducing residual sugars due to fructose consumption, reducing volatile acids, increasing and decreasing acidity, and will also have a positive effect on the organoleptic profile of wines.

Key words: grapes; wine materials; *Saccharomyces*; non-*Saccharomyces*; coinoculation; microwinemaking.

For citation: Semenova K.A., Shalamitskiy M.Yu., Lutkova N. Yu., Zagoruiko V.I. Practical testing of non-*Saccharomyces* yeast of Crimean ampeloceneses in winemaking. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):403-407. EDN УНОВПУ (in Russian).

Введение

Многочисленные исследования последних десятилетий указывают на огромный потенциал для использования в процессе брожения дрожжей несхаромицетов за счёт различных продуктов метаболизма, которые они синтезируют [1–4]. Благодаря им можно формировать более сложный сенсорный профиль вина, регулировать кислотность, снижать кон-

центрацию этилового спирта, использовать как биозащиту от нежелательных микроорганизмов и многое другое [3, 5]. В последние годы также существуют исследования отечественных авторов, направленные на изучение этих свойств и их влияние на качество вин [6]. Несколько коммерческих штаммов дрожжей non-*Saccharomyces* при смешанной ферментации с *Saccharomyces cerevisiae* показали, что существует возможность увеличения вклада метаболитов, представляющих интерес для виноделия, таких как глицерин, эфиры, высшие спирты, кислоты, тиолы, терпены, в

дополнение к снижению производства уксусной кислоты, летучих фенолов, биогенных аминов или мочевины [7].

Однако у большинства видов несакхаромицетов низкая бродильная способность, из-за чего необходимо использовать их совместно с сахаромицетами, чтобы полностью завершить процесс брожения [5, 8]. Дрожжи поп-*Saccharomyces* включают в себя различные роды, такие как *Hanseniасpora*, *Issatchenkia*, *Pichia*, *Schizosaccharomyces*, *Brettanomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Kluveromyces*, *Candida*, *Torulaspora* и др. Эти дрожжи могут расти анаэробно или аэробно и могут сохраняться во время брожения, конкурируя с *Saccharomyces* за питательные вещества и продуцируя вторичные соединения или изменяя метаболизм *S. cerevisiae* [9]. Управлять брожением с разнотиповыми культурами сложнее, чем с одновидовыми, поскольку использовать мультистартерные культуры дрожжей нужно в более определенных условиях. При разработке новых технологий брожения с использованием различных видов дрожжей нужно контролировать процесс как при совместном, так и при последовательном их использовании [1, 10]. Работы в данном направлении мало изучены и требуют более углубленного исследования.

В связи с этим целью настоящей работы являлось изучение потенциала использования дрожжей несакхаромицетов, выделенных из насаждений виноградников Крыма, при совместной работе с штаммами дрожжей вида *Saccharomyces cerevisiae*, их влияние на качество и органолептические характеристики винома- териалов, выработанных в условиях микровиноделия.

Объекты и методы исследований

Для испытаний в условиях микровиноделия в сезон 2023 г. были подготовлены мультистартовые раз- водки дрожжей поп-*Saccharomyces* и *Saccharomyces*. Из поп-*Saccharomyces*: *Zygosaccharomyces bailii*, 2 штамма *Metschnikowia pulcherrima* и *Issatchenkia terricola*, выде- ленные с различных зон виноградников Крыма и иден- тифицированные в ранее проведенных исследовани- ях [11], *Lachancea thermotolerans*, *Torulaspora delbrueckii* и *Starterella bacillaris*, из рабочей коллекции микроор- ганизмов виноделия «Магарач», а также 2 штамма дрожжей *Saccharomyces* Ркацители-6 (I-118) и Кабер- не 5 (I-25) из коллекции микроорганизмов виноделия «Магарач» [12]. Винома- териалы выработаны в усло- виях микровиноделия из сортов винограда Ркаците- ли и Каберне Совиньон, произрастающего в Пред- горном опытном хозяйстве института «Магарач» в Бахчисарайском районе Республики Крым. Виноград соответствовал технической зрелости и требованиям, предъявляемым к винограду, предназначенному для промышленной переработки (табл. 1).

Процесс брожения проводили при одновремен- ной инокуляции двухсуточных разво- док чистых куль- тур дрожжей поп-*Saccharomyces* и *Saccharomyces* в ак- тивном состоянии и соотношении клеток 1:1 [13].

Получение белых винома- териалов проводили по следующей технологической схеме: дробление бело- го сорта винограда Ркацители с гребнеотделением → прессование мезги → сульфитация сусла из расчёта

Таблица 1. Физико-химическая характеристика винограда

Table 1. Physicochemical characteristics of grapes

Сорт винограда	Массовая концентрация, г/дм ³		рН
	сахаров	титруемых кислот	
Каберне Совиньон	239	8,32	3,24
Ркацители	194	5,97	3,37

100 мг/дм³ диоксида серы → отстаивание сусла в тече- ние 18 часов при температуре 15±1 °С → декантация сусла → внесение 2 % разводки консорциума дрож- жей *S. cerevisiae* I-118 и одного из штаммов дрожжей поп-*Saccharomyces* в равных соотношениях → броже- ние при температуре 20±1 °С → снятие с дрожжевого осадка по завершению брожения → сульфитация из расчёта 75 мг/дм³ диоксида серы. Контролем служил винома- териал, полученный по вышеописанной тех- нологии с использованием штамма дрожжей I-118.

Получение красных винома- териалов проводи- ли по следующей технологической схеме: дробле- ние красного сорта винограда Каберне Совиньон с гребнеотделением → сульфитация мезги из расчёта 100 мг/дм³ диоксида серы → распределение мезги по емкостям → внесение 2 % разводки консорци- ума дрожжей *S. cerevisiae* I-25 и одного из штаммов дрожжей поп-*Saccharomyces* в равных соотношениях → брожение при температуре 20±1 °С → прессова- ние мезги → дображивание при температуре 20±1 °С → сульфитация из расчёта 75 мг/дм³ диоксида серы. Контролем служил винома- териал, полученный по вы- шеописанной технологии с использованием штамма дрожжей I-25. Эксперимент проводили в двух по- вторностях. По окончании брожения в полученных винома- териалах определяли физико-химические по- казатели по стандартизированным и общепринятым методам в виноделии [14]. Органолептическую оцен- ку полученных образцов проводили согласно ГОСТ 32051-2013 «Продукция винодельческая. Методы ор- ганолептического анализа» по 10-балльной системе (по шкале оценки молодых винома- териалов – от 7,5 до 8,0 баллов). Микробиологический контроль осу- ществляли в соответствии с микробиологической ин- струкцией по контролю винодельческой продукции (ИК 970-1128-00334600-07).

Результаты и их обсуждение

Анализ полученных данных показал, что исполь- зование штаммов поп-*Saccharomyces* совместно со стартовой культурой *Saccharomyces* влияет на физико- химические показатели получаемых винома- териалов. Все образцы белых винома- териалов характеризова- лись повышенным содержанием остаточных сахаров, в контроле данный показатель составляет 32,0 г/дм³, образец с использованием одного из двух штаммов дрожжей вида *Metschnikowia pulcherrima* был на уровне с контролем – 35,2 г/дм³. Содержание массовой кон- центрации сахаров в образцах № 2, 4, 5, 6, 8 были в диапазоне от 15,3 до 25,8 г/дм³. Консорциум дрожжей в образце №3 сбродил сахара виноградного сусла до

7,3 г/дм³, что может быть связано с фруктозофильной активностью дрожжей вида *Starmerella bacillaris* (*Candida zemplinina*) [15].

В красных виноматериалах, выработанных с использованием дрожжей *M. pulcherrima* и *I. terricola*, остаточные сахара были выше 4 г/дм³ и, поскольку в контрольном образце их количество соответствует нормируемому показателю, можно предположить, что отдельные представители дрожжей данных видов при совместном культивировании с сахаромисетами могут тормозить процесс брожения. В случае с *M. pulcherrima* это может быть связано с особым пигментом пульхеримином, который обладает противогрибковой активностью [1, 16].

В полученных белых виноматериалах с использованием дрожжей несхаромисетов летучая кислотность ниже, чем в контрольных, а использование дрожжей вида *Zygosaccharomyces bailii* снизило этот показатель в 1,3 раза по сравнению с контролем, что подтверждается ранее проведенными исследованиями [17, 18]. Во всех красных виноматериалах использование дрожжей несхаромисетов также способствовало снижению содержания летучей кислотности, кроме дрожжей вида *Metschnikowia pulcherrima*, которые были наравне с контролем.

Результаты аналитического исследования виноматериалов по физико-химическим показателям представлены в таблице 2.

В белых виноматериалах массовая концентрация титруемых кислот была в диапазоне 6,8–7,3 г/дм³. Использование штаммов поп-*Saccharomyces* существенно не повлияло на этот показатель в сравнении с контролем. Во всех образцах красных виноматериалов, кроме *L. thermotolerans*, данный показатель повысился в диапазоне от 0,4 до 1,6 г/дм³. Наибольшее повышение титруемой кислотности у виноматериала с использованием дрожжей вида *I. terricola* – содержание массовой концентрации титруемых кислот увеличилось в 1,2 раза по сравнению с контролем.

Объемная доля этилового спирта в белых виноматериалах составляла от 11,7 до 12,5 % об.; в красных виноматериалах от 12,35 до 13,55 % об., что соответствует требованиям N 468-ФЗ. Во всех полученных образцах отмечается увеличение содержания этилового спирта по сравнению с контролем: в среднем в белых – на 0,3% об.; в красных – на 1,0 % об.

Дегустационная оценка полученных виноматериалов представлена в табл. 3. Все полученные опытные виноматериалы соответствовали требованиям нормативной документации (ГОСТ 32030-2013 «Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия»), были прозрачные, светло-соломенного цвета, выработанные из сорта винограда Ркацителли и темно-рубинового из сорта винограда Каберне Совиньон. Использование штаммов

Таблица 2. Физико-химические показатели полученных виноматериалов

Table 2. Physicochemical parameters of the obtained wine materials

Вариант	Массовая концентрация, г/дм ³			Объемная доля спирта, %
	сахаров	летучих кислот	титруемых кислот	
Ркацителли / I-118 (контроль)	32,0	1,10	7,0	11,7
Ркацителли / I-118 + <i>Lachancea thermotolerans</i>	15,3	1,03	6,8	12,3
Ркацителли / I-118 + <i>Starmerella bacillaris</i>	7,3	0,99	7,3	12,5
Ркацителли / I-118 + <i>Zygosaccharomyces bailii</i>	25,0	0,86	6,9	11,9
Ркацителли / I-118 + <i>Issatchenkia terricola</i>	25,8	1,02	7,1	11,8
Ркацителли / I-118 + <i>Metschnikowia pulcherrima 1</i>	17,5	0,99	6,8	11,8
Ркацителли / I-118 + <i>Metschnikowia pulcherrima 2</i>	35,2	0,99	6,9	11,9
Ркацителли / I-118 + <i>Torulaspora delbrueckii</i>	23,7	1,06	7,2	12,0
Каберне Совиньон / I-25 (контроль)	2,5	0,79	6,7	12,4
Каберне Совиньон / I-25 + <i>Lachancea thermotolerans</i>	1,9	0,63	6,8	13,6
Каберне Совиньон / I-25 + <i>Starmerella bacillaris</i>	2,1	0,56	7,5	13,4
Каберне Совиньон / I-25 + <i>Zygosaccharomyces bailii</i>	2,9	0,73	7,1	13,6
Каберне Совиньон / I-25 + <i>Issatchenkia terricola</i>	4,8	0,63	8,3	12,9
Каберне Совиньон / I-25 + <i>Metschnikowia pulcherrima 1</i>	9,8	0,82	7,9	13,1
Каберне Совиньон / I-25 + <i>Metschnikowia pulcherrima 2</i>	5,3	0,79	7,8	13,5
Каберне Совиньон / I-25 + <i>Torulaspora delbrueckii</i>	2,5	0,56	7,7	13,5

Таблица 3. Дегустационная характеристика опытных виноматериалов

Table 3. Tasting characteristics of experimental wine materials

Образец виноматериала	Дегустационная характеристика	ДО
Ркацителли / I-118 (контроль)	Аромат чистый, цветочный, с карамельными и минеральными оттенками. Вкус гармоничный, свежий, с легкой пикантной горчинкой	7,75
Ркацителли / I-118 + <i>L. thermotolerans</i>	Аромат чистый, с нотами бисквита. Вкус мягкий, менее свежий	7,66
Ркацителли / I-118 + <i>S. bacillaris</i>	Аромат чистый, цветочный, с леденцовыми нотами. Вкус свежий, чистый, мягкий, с легкой горчинкой	7,75
Ркацителли / I-118 + <i>Z. bailii</i>	Аромат чистый, цветочный, с карамельными нотами. Вкус свежий, простой	7,64
Ркацителли / I-118 + <i>I. terricola</i>	Аромат чистый, цветочно-фруктовый, с пряными нотками. Вкус чистый, пряный	7,74
Ркацителли / I-118 + <i>M. pulcherrima 1</i>	Аромат чистый, цветочный, с медовыми нотками. Вкус чистый, полный, мягкий	7,70
Ркацителли / I-118 + <i>M. pulcherrima 2</i>	Аромат приглушенный, не выраженный, с легкой задушкой. Вкус менее свежий, простой	7,5

Окончание таблицы 3

Образец виноматериала	Дегустационная характеристика	ДО
Ркацител / I-118 + <i>T. delbrueckii</i>	Аромат умеренный, цветочный, с фруктовыми нотами. Вкус свежий, мягкий, простой	7,66
Каберне Совиньон / I-25 (контроль)	Аромат чистый, ягодный, с нотами вишни и сафьяна. Вкус чистый, полный, танинный, с лёгкой горчинкой	7,79
Каберне Совиньон / I-25+ <i>L. thermotolerans</i>	Аромат чистый, ягодный, с нотами ежевики и паслёна. Вкус полный, танинный, с лёгкой горчинкой	7,71
Каберне Совиньон / I-25+ <i>S. bacillaris</i>	Аромат чистый, ягодный, с пряными нотами. Вкус чистый, свежий, тельный	7,71
Каберне Совиньон / I-25+ <i>Z. bailii</i>	Аромат чистый, ягодно-фруктовый, с нотами ежевики и паслёна. Вкус танинный, более строгий, с лёгкой горчинкой	7,71
Каберне Совиньон / I-25+ <i>I. terricola</i>	Аромат ягодный, с лёгкими травянистыми и пряными нотами. Вкус полный, тельный, с тонами вишневой косточки	7,77
Каберне Совиньон / I-25+ <i>M. pulcherrima 1</i>	Аромат умеренный, простой, с тонами ягод и тертой зелени. Вкус простой, с ягодными нотами	7,66
Каберне Совиньон / I-25+ <i>M. pulcherrima 2</i>	Аромат умеренный, с ягодными тонами. Вкус простой, танинный	7,65
Каберне Совиньон / I-25+ <i>T. delbrueckii</i>	Аромат ягодный, с нотами вишни и терна. Вкус чистый, терпкий, свежий	7,70

Примечание: ДО – дегустационная оценка

non-*Saccharomyces* способствовало изменению сенсорных характеристик в зависимости от применяемого штамма. Образцы виноматериалов, выработанные с использованием штаммов дрожжей *S. bacillaris* и *I. terricola* были оценены наравне с контролем: аромат белых виноматериалов характеризовался чистым, цветочным, с леденцовыми и пряными нотами, и свежим, чистым, мягким вкусом с легкой горчинкой; красный виноматериал характеризовался ягодным ароматом, с лёгкими травянистыми и пряными нотами и полным, тельным вкусом, с послевкусием вишневой косточки.

Образец с использованием одного из двух штаммов дрожжей *Metschnikowia pulcherrima* получил наименьшую оценку (7,5 балла), за невыраженный аромат и простой вкус. Изменение сенсорных характеристик при использовании совместной ферментации *I. terricola* и *S. cerevisiae* также описаны другими авторами [13].

Выводы

В результате проведенных исследований при коинкуляции дрожжей несахаромицетов, выделенных с ампелоценозов Крыма, с сахаромицетами установлено, что использование дрожжей *S. bacillaris* может значительно снизить количество остаточных сахаров в виноматериале (на 24,7 г/дм³) за счёт их фруктозофильной активности. Во всех опытных образцах виноматериалов отмечено снижение летучей кислотности (на 10-15%), кроме красных виноматериалов, выработанных с использованием дрожжей *M. pulcherrima*, в которых уровень показателя был наравне с контролем. Использование штаммов non-*Saccharomyces* существенно не повлияло на массовую концентрацию титруемых кислот в сравнении с контролем в белых

виноматериалах, а в красных виноматериалах данный показатель повысился (в среднем на 15%) у всех образцов по сравнению с контролем, кроме *L. thermotolerans*. Наибольшее увеличение титруемой кислотности выявлено в образце с использованием дрожжей вида *I. terricola* – данный показатель выше контроля на 24 %.

По результатам органолептического анализа все белые виноматериалы характеризовались чистым цветочным ароматом с фруктовыми и пряными нотами, леденцовыми, карамельными и медовыми, вкус чистый, мягкий, с лёгкой горчинкой. Все красные виноматериалы, характеризовались чистым ягодным ароматом с нотами ежевики, вишни, паслёна. Образцы, приготовленные с использованием дрожжей вида *M. pulcherrima*, имели простой вкус и приглушенную ароматику, в связи с этим требуются дополнительные исследования по их селекции и отработка технологических приёмов их использования.

Следует отметить, что при использовании штамма дрожжей *I. terricola* в ароматике белых и красных виноматериалов проявились пряные ноты, что, возможно, является особенностью дрожжей данного вида.

Результаты полученных данных свидетельствуют о возможности применения штаммов дрожжей non-*Saccharomyces* в консорциуме со стартовой культурой *Saccharomyces* для регулирования физико-химических показателей: снижение остаточных сахаров за счёт потребления фруктозы, снижение летучих кислот, повышение и понижение кислотности, а также положительно повлияет на органолептический профиль вина, и повысит его уникальность без потери качества получаемых виноматериалов.

Изменение способов задачи культур и отбор штаммов несахаромицетов по технологическим свойствам может расширить и улучшить данные показатели, поэтому исследование показало перспективность и необходимость проведения дальнейших работ в данном направлении.

Благодарности

Авторы выражают благодарность кандидату технических наук Танащук Т.Н. за неоценимую помощь и оказанные консультационные услуги для написания статьи.

Источник финансирования

Работа выполнена по договору № 2-12/48 при выполнении НИР по разработке и трансферу технологий в аграрном секторе в рамках развития инновационной сельскохозяйственной долины Агрополис", УИН 000000S407524RDQ0002.

Financing source

The work was carried out under the Agreement No. 2-12/48 as part of implementing the research project on the development and transfer of technologies in agricultural sector within the framework of development of the innovative agricultural valley Agropolis, UIC 000000S407524RDQ0002.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы / References

- Jolly N.P., Varela C., Pretorius I.S. Not your ordinary yeast: non-*Saccharomyces* yeasts in wine production uncovered. *FEMS Yeast Research*. 2014;14(2):215-37. DOI 10.1111/1567-1364.12111.
- Ciani M., Comitini F. Use of non-*Saccharomyces* yeasts in red winemaking. *Red Wine Technology*. 2018:51-68. DOI 10.1016/B978-0-12-814399-5.00004-9.
- Vejarano R. Non-*Saccharomyces* in winemaking: source of mannoproteins, nitrogen, enzymes, and antimicrobial compounds. *Fermentation*. 2020;6(3):76. DOI 10.3390/fermentation6030076.
- García M., Esteve-Zarzoso B., Arroyo T. Non-*Saccharomyces* yeasts: biotechnological role for wine production. *Grape and Wine Biotechnology*. 2016;11:470. DOI 10.5772/64957.
- Morata A. Enological repercussions of non-*Saccharomyces* species in wine biotechnology. *Fermentation*. 2019;5:72. DOI 10.3390/fermentation5030072.
- Магомедова Е.С., Абдуллабекова Д.А., Аливердиева Д.А., Магомедов Г.Г., Шелудько О.Н., Якуба Ю.Ф., Митрофанова Е.А. Совместная ферментация дрожжей *Lachancea thermotolerans* и *Saccharomyces cerevisiae* – влияние на образование компонентов, формирующих качество вин // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(2):183-189. EDN SSYEKJ.
Magomedova E.S., Abdullabekova D.A., Aliverdieva D.A., Magomedov G.G., Shelud'ko O.N., Yakuba Yu.F., Mitrofanova E.A. Joint fermentation of yeasts *Lachancea thermotolerans* and *Saccharomyces cerevisiae* – the effect on creating the components responsible for the quality of wines. *Magarach. Viticulture and Winemaking*. 2024;26(2):183-189. EDN SSYEKJ (in Russian).
- Vejarano R., Gil-Calderón A. Commercially available non-*Saccharomyces* yeasts for winemaking: current market, advantages over *Saccharomyces*, biocompatibility, and safety. *Fermentation*. 2021;7(171):1-23. DOI 10.3390/fermentation7030171.
- Comitini F., Gobbi M., Domizio P., Romani C., Lencioni L., Mannazzu I., Ciani M. Selected non-*Saccharomyces* wine yeasts in controlled multistarter fermentations with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Microbiol*. 2011;28(5):873-882. DOI 10.1016/j.fm.2010.12.001.
- Petruzzi L., Capozzi V., Berbegal C., Corbo M.R., Bevilacqua A., Spano G., Sinigaglia M. Microbial resources and enological significance: opportunities and benefits. *Frontiers in Microbiology*. 2017;8:995. DOI 10.3389/fmicb.2017.00995.
- Ciani M., Comitini F., Mannazzu I., Domizio P. Controlled mixed culture fermentation: a new perspective on the use of non-*Saccharomyces* yeasts in winemaking. *FEMS Yeast Res*. 2010;10(2):123-33. DOI 10.1111/j.1567-1364.2009.00579.x.
- Семенова К.А., Танащук Т.Н., Шаламитский М.Ю. Исследование дрожжевой микрофлоры виноградного суслу на стадии брожения методом ПЦР-ПДРФ анализа // Виноградарство и виноделие: Сб. науч. тр. «Магарач». 2023;52:87-90.
Semenova K.A., Tanashchuk T.N., Shalamitskiy M.Yu. Study of yeast microflora of grape must at the fermentation stage using PCR-RFLP analysis. *Viticulture and Winemaking: Collection of Scientific Papers of the Institute Magarach*. 2023;52:87-90 (in Russian).
- Каталог промышленных штаммов дрожжей для виноделия // Составители: Танащук Т.Н., Иванова Е.В., Кишковская С.А., Шаламитский М.Ю., Луткова Н.Ю., Загоруйко В.И., Семенова К.А. Симферополь: ИП Корниенко А.А. 2024:1-52.
Catalogue of industrial yeast strains for winemaking. Compilers: Tanashchuk T.N., Ivanova E.V., Kishkovskaya S.A., Shalamitskiy M.Yu., Lutkova N.Yu., Zagoruiko V.I., Semenova K.A. Simferopol: IP Kornienko A.A. 2024:1-52 (in Russian).
- Shi W.-K., Wang J., Chen F.-Sh., Zhang X.-Y. Effect of *Issatchenkia terricola* and *Pichia kudriavzevii* on wine flavor and quality through simultaneous and sequential co-fermentation with *Saccharomyces cerevisiae*. *LWT - Food Science and Technology*. 2019;116:10847. DOI 10.1016/j.lwt.2019.108477.
- Методы технокимического контроля в виноделии / Под ред. Гержиковой В.Г. Симферополь: Таврида. 2009:1-304.
Methods of technochemical control in winemaking. Edited by Gerzhikova V.G. Simferopol: Tavrida. 2009:1-304 (in Russian).
- García M., Esteve-Zarzoso B., Cabellos J.M., Arroyo T. Advances in the study of *Candida stellata*. *Fermentation*. 2018;4:74. DOI 10.3390/fermentation4030074.
- Morata A., Loira I., Escott C., del Fresno J.M., Bañuelos M.A., Suárez-Lepe J.A. Applications of *Metschnikowia pulcherrima* in wine biotechnology. *Fermentation*. 2019;5:63. DOI 10.3390/fermentation5030063.
- Rantsiou K., Dolci P., Giacosa S., Torchio F., Tofalo R., Torriani S., Suzzi G., Rolle L., Cocolin L. *Candida zemplinina* can reduce acetic acid produced by *Saccharomyces cerevisiae* in sweet wine fermentations. *Applied and Environmental Microbiology*. 2012;78(6):1987-1994. DOI 10.1128/AEM.06768-11.
- Englezos V., Giacosa S., Rantsiou K., Rolle L., Cocolin L. *Starmmerella bacillaris* in winemaking: opportunities and risks. *Current Opinion in Food Science*. 2017;17:30-35. DOI 10.1016/j.cofs.2017.08.007.

Информация об авторах

Карина Александровна Семенова, аспирант, мл. науч. сотр. лаборатории микробиологии; e-мэйл: karina.semenova.2013@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0271-1290>;

Максим Юрьевич Шаламитский, канд. техн. наук, науч. сотр. лаборатории микробиологии; e-мэйл: mshalamitskiy@yahoo.com; <https://orcid.org/0000-0001-5888-6228>;

Наталья Юрьевна Луткова, мл. науч. сотр. лаборатории микробиологии; e-мэйл: magarach_microbiol.lab@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8126-7596>.

Валентина Ивановна Загоруйко, вед. инженер лаборатории микробиологии.

Information about authors

Karina A. Semenova, Postgraduate, Junior Staff Scientist, Laboratory of Microbiology; e-mail: karina.semenova.2013@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0271-1290>;

Maksim Yu. Shalamitskiy, Cand. Tech. Sci., Staff Scientist, Laboratory of Microbiology; e-mail: mshalamitskiy@yahoo.com; <https://orcid.org/0000-0001-5888-6228>;

Natalia Yu. Lutkova, Junior Staff Scientist, Laboratory of Microbiology; e-mail: magarach_microbiol.lab@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8126-7596>;

Valentina I. Zagoruiko, Leading Engineer, Laboratory of Microbiology.

Статья поступила в редакцию 14.11.2024, одобрена после рецензии 17.11.2024, принята к публикации 20.11.2024

Методическая база для многоэлементного анализа вин

Аникина Н.С.¹, Гниломедова Н.В.^{1✉}, Сластия Е.А.¹, Пелипасов О.В.²

¹Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, г. Ялта, Республика Крым, Россия;

²Институт автоматизации и электрометрии СО РАН, г. Новосибирск, Россия

✉231462@mail.ru

Аннотация. Катионный состав вин является важным источником информации в контроле качества и безопасности вин. Его можно рассматривать как один из критериев подлинности сельскохозяйственной продукции, в т.ч. винодельческой. Катионы металлов выступают составной частью общего экстракта вин, их содержание в значительной степени определяется особенностями терруара произрастания, агротехнологиями возделывания винограда, его сортовым составом и технологией производства вина. Проанализированы результаты исследований, изложенных в научных публикациях ведущих специализированных журналов по энологии, аналитической и пищевой химии, опубликованных в период 2019–2024 гг. (научометрические базы данных Dimensions и E-library). Поиск проводился по ключевым словам: минеральный состав, содержание элементов, методы определения, географическое происхождение вин, аутентичность вин. Систематизированы литературные данные, показано, что многоэлементный профиль катионов является информативным показателем в технохимическом контроле вин, в том числе для определения их географического происхождения. Существуют различные методические подходы к определению химических элементов, которые отличаются сложностью и стоимостью оборудования, аналитическими принципами детекции, чувствительностью, точностью и скоростью получения результатов, а также требованиями к компетенции специалистов-аналитиков. Множество научных работ подтверждает, что наиболее перспективным для получения стандартизированных наборов данных мультиэлементного состава вин является применение атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Данный методический подход обеспечивает быстрый одновременный сбор данных о высокоточном содержании нескольких десятков элементов в диапазоне измерения от нг/л до сотен мг/л, а также позволяет использовать спектральные картины для цифровой обработки данных без идентификации состава. Исследования будут продолжены в направлении совершенствования методик выполнения измерений, создания баз данных и разработки обучающих выборок для систем искусственного интеллекта.

Ключевые слова: минеральный состав; содержание металлов; методы определения; капиллярный электрофорез; атомно-абсорбционная спектрометрия; атомно-эмиссионная спектрометрия; масс-спектрометрия; индуктивно связанная плазма.

Для цитирования: Аникина Н.С., Гниломедова Н.В., Сластия Е.А., Пелипасов О.В. Методическая база для многоэлементного анализа вин // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):408-415. EDN UOYRDJ.

Methodological basis for multi-element analysis of wines

Anikina N.S.¹, Gnilomedova N.V.^{1✉}, Slastya E.A.¹, Pelipasov O.V.²

¹All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russia;

²Institute of Automation and Electrometry of the RAS, Novosibirsk, Russia

✉231462@mail.ru

Abstract. The cationic composition of wines is an important source of information in the quality control and safety of wines. It can be considered as one of the criteria of the authenticity of agricultural products, including wine. Metal cations are a compounding part of crude wine extract. Their content is largely determined by the characteristics of growing terroir, agricultural technologies of grape cultivation, varietal composition of grapes and wine production technology. The article analyzes the results of studies presented in scientific publications of leading specialized journals on oenology, analytical and food chemistry, and published in the period 2019-2024 (scientometric databases Dimensions and E-library). The search was carried out using the following key words: mineral composition, element content, methods of determination, geographical origin of wines and authenticity of wines. The literature data was systematized to show that multi-element cation profile is an informative indicator in the technochemical control of wines, including the determining of their geographical origin. There are various methodological approaches to determine chemical elements, which differ in the complexity and cost of equipment, analytical principles of detection, sensitivity, accuracy and speed of obtaining results, as well as requirements for the competence of analytical specialists. Many scientific papers confirm that the most promising for obtaining standardized data sets of multi-element composition of wines is the use of atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma, and mass spectrometry with inductively coupled plasma. This methodological approach ensures rapid simultaneous collection of data on high-precision content of several dozen elements in the measurement range from ng/l to hundreds of mg/l, as well as allows using spectral patterns for digital data processing without identifying the composition. The research will be continued in the direction of improving the measurement techniques, creating databases and developing training sets for artificial intelligence systems.

Key words: mineral composition; metal content; methods of determination; capillary electrophoresis; atomic absorption spectrometry; atomic emission spectrometry; mass spectrometry; inductively coupled plasma.

For citation: Anikina N.S., Gnilomedova N.V., Slastya E.A., Pelipasov O.V. Methodological basis for multi-element analysis of wines. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):408-415. EDN UOYRDJ (in Russian).

Введение

Катионный состав вин является важным источником информации в технохимическом контроле

качества и безопасности винодельческой продукции (рис. 1). Его можно рассматривать как один из критериев подтверждения географического происхождения, подлинности и прослеживаемости сельскохозяйственной продукции, в т.ч. винодельческой [1].



Рис. Направления использования информации по минеральному составу вин

Fig. Directions of using the information on mineral composition of wines

На сегодняшний день, этот аспект является важным фактором, определяющим общее восприятие потребителем вина с точки зрения соотношения «цена/качество», и, соответственно, напрямую влияет на коммерческий успех винопроизводителей. Поэтому проблеме подтверждения подлинности географического происхождения вин уделяется пристальное внимание в научной литературе [2-6].

Катионы металлов выступают составной частью общего экстракта вин, их содержание в значительной степени определяется особенностями терруара произрастания, агротехнологиями возделывания винограда, его сортовым составом и технологией производства вина [2-9]. В зависимости от элемента его количество в вине варьируется в порядке от нескольких наногرامмов до сотен миллиграммов в литре. Профиль катионов как маркер аутентичности позволяет верифицировать виноградное происхождение вина [10-12]. Массовую концентрацию некоторых неорганических катионов важно контролировать на протяжении всего цикла производства от винограда до конечного продукта, поскольку они участвуют в процессах, влияющих на органолептические и физико-химические свойства вина [13]; некоторые элементы обладают потенциальной токсичностью и их содержание необходимо определять в соответствии с гигиеническими требованиями к пищевой продукции [14, 15].

Элементное профилирование представляет собой наиболее подходящий способ связать вино с регионом, поскольку содержание элементов, соответствующее почве, отражается непосредственно в его составе, а минеральные элементы были признаны высокоинформативными химическими индикаторами местной географической среды [16]. Современная аналитическая база для оценки подлинности и географического происхождения представлена разнообразным многофункциональным оборудованием, обеспечивающим разную степень детализации научных данных.

Исходя из вышеизложенного, целью данной работы являлись анализ и систематизация литератур-

ных данных по многоэлементному составу вин и методам его определения.

Объекты и методы исследований

Научные публикации ведущих специализированных журналов по энологии, аналитической и пищевой химии, опубликованных в период 2019–2024 гг. (научометрические базы данных Dimensions и E-library).

Поиск проводился по ключевым словам: минеральный состав, содержание элементов, методы определения, географическое происхождение вин, аутентичность вин.

Результаты исследований

В энологии уделяется достаточно пристальное внимание катионному составу вин, о чем свидетельствует значительное количество публикаций, посвященных данной проблеме. К типичным факторам, влияющим на состояние металлов в вине, можно отнести состав почвы места произрастания винограда (Al, Ba, Li, Mn), потребности в питательных веществах и поглощение минералов виноградными растениями, методы ведения сельского хозяйства, технологические средства, используемые в виноделии (Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn), экзогенные загрязнения (Pb, Cr, Ni) [10, 17]. Такие элементы, как Li, Ti, Ca, Mn, Sr, Ba, Zn, Mg, Cu, Se и B [14] тесно связаны с условиями местности и свойствами почвы, а присутствие Fe, Cr, V и Pb обусловлено ее антропогенным загрязнением. Однако содержание в готовой продукции микро- и макроэлементов зависит не только от их исходного содержания в сырье, но и от ряда технологических операций. Например, такой прием, как стабилизация коллоидной системы вина бетонином может приводить к увеличению содержания Na, Ca, Mg, Li, Co, Zr, Pb, Mo, Cd, Be, Nb, Ge и при этом снижению – K, Cu, Zn, Rb [5].

Содержание в вине K превосходит содержание всех других металлов [3]. Его массовая концентрация значительно варьирует в зависимости от сорта винограда, почвы и климатических условий, времени сбора урожая, температуры брожения и хранения, а также pH и технологических приемов (электродиализ, применение ионообменных смол, обработка вин холодом [12, 13]). Mg, Mn, Ba и Sr являются подвижными элементами почвы, при этом их содержание в винах может быть взаимозависимо. Эти металлы были отнесены к группе литофильных элементов, и вполне вероятно, что их происхождение в винах полностью или в основном обусловлено специфическим составом почвы виноградаря [12].

Известно, что диапазоны содержания различных элементов в винах достаточно широки и по некоторым металлам отличаются на несколько порядков. В литературе представлены результаты классификации исследуемых элементов по уровню их содержания в винах: основные (более 10 мг/дм³) – Ca, K, Na, Mg; следовые (0,1–10 мг/дм³) – Al, B, Cu, Fe, Mn, Rb, Sr, Zn; ультра-следовые (менее 100 мкг/дм³) – Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Hg, Li, Ni, Mo, Pb, Sb, Sc, Se, Sn, Ti, Tl, V [12]. В целом элементы по снижению медианных зна-

Таблица 1. Параметрический профиль химических элементов в винах разных стран
Table 1. Parametric profile of chemical elements in wines of different countries

Элемент	США	Чехия	Франция	Германия	Греция	Венгрия	Италия	Испания	Мексика	Хорватия
	массовая концентрация, мг/дм ³									
Ca	17-94	40-100	65-161	58-200	14-47,5	51-164	30-151	12-241	63,9-121	5-100
Cd	–	0,000055-0,0033	LOD*-0,0002	–	LOD-0,03	0,00014-0,54	0,0012-0,0016	LOD-0,019	–	–
Co	–	LOD-0,018	0,004-0,005	0,004-0,005	LOD-0,04	0,003-0,009	0,003-0,006	LOD-0,04	–	0,005-0,01
Cr	–	0,032-0,037	0,006-0,09	0,01-0,41	LOD-0,41	0,032-0,062	0,02-0,03	0,025-0,029	LOD	0,005-0,01
Cu	0,05-0,58	0,012-6,827	LOD-0,48	0,02-0,71	0,2-1,65	0,15-2,57	0,001-1,34	LOD-3,1	0,10-0,42	0,05-1,00
Fe	1,2-6,6	0,9-5,2	0,81-2,51	0,4-4,2	0,7-7,3	0,03-23,7	1,35-27,8	0,4-17,4	0,21-2,11	0,5-10,0
K	462-1147	493-3056	265-426	480-1860	955-2089	489-1512	750-1500	338-2032	866-4896	100-2000
Mg	100-245	7,8-138	55-96	56-105	82,5-122,5	72-174	53-115	50-236	56,6-164	5-100
Mn	0,81-4,08	0,28-3,26	0,63-0,96	0,5-1,3	LOD-2,3	0,12-2,9	0,67-2,5	0,1-5,5	0,69-1,72	0,25-5,00
Na	7-106	2-110	7,7-14,6	6-25	5,5-150	18,6-81,1	3,4-200	3,5-300	32,7-326	1-20
Ni	–	0,19-0,34	LOD-0,052	–	LOD-0,5	–	0,015-0,21	0,005-0,079	–	–
Pb	–	0,01-1,25	0,006-0,023	–	LOD-0,62	–	0,01-0,35	0,001-0,096	0,35-6,31	15-300
Zn	0,75-3,6	–	0,44-0,74	0,3-1,5	0,05-8,9	0,6-1,9	0,135-4,8	LOD-4,63	–	–
Sr	–	–	–	–	–	–	–	–	0,56-1,90	–
Al	–	–	–	–	–	–	–	–	0,28-0,78	0,1-2,0

Примечание: LOD – limit of detection – ниже предела обнаружения; "–" – содержание элемента не исследовалось

чений концентрации в винах располагаются следующим образом: K > Mg > Ca > B > Fe > Mn > Rb > Sr > Zn > Ba > Ti > Cr > Cu > Pb > Ni > Li > Co > Mo > Ag > Bi > Sb > Tl > U > Be > Te > Sn > Cd. Причем содержание таких компонентов, как Ag, Be, Cd, Cr, Mo, Ni, Li, Pb, Sn, Te, U и Zn в некоторых случаях достоверно не установлено, так как показания прибора были ниже предела обнаружения конкретного элемента [17].

Специфическое содержание металлов в винах разных стран позволяет при сопоставлении различать винопродукцию и определять отличительные признаки, связанные с географией производства и особенностями национального виноделия. Сравнительная характеристика катионного состава вин разных стран представлена в табл. 1 [15, 17, 18]. Учитывая, что диапазоны содержания отдельных элементов могут значительно перекрываться в винах различных регионов, для идентификации географического происхождения применяется комплексный подход с применением сложных методов математической статистики, при этом непосредственная географическая близость между собой многих винодельческих регионов значительно усложняет их дискриминацию. Результаты определения многокомпонентного состава белых, розовых и красных вин свидетельствуют также о том, что способ производства вина влияет на содержание катионов. Тем не менее, параметры сходства и различия по содержанию одних и тех же металлов в разных группах вин не прослеживаются. Несмотря на влияние технологических приемов виноделия на многоэлементный состав, считается доказанным факт более устойчивой связи комплексной

характеристики распределения элементов в пробах вин с районом произрастания винограда [12].

Для идентификации вин по географическому признаку недостаточно определить только лишь преобладающие катионы щелочных и щелочноземельных металлов. Металлы других групп и подгрупп таблицы Менделеева, находящиеся в концентрационном диапазоне «микрограмм» и даже «нанограмм», также являются крайне важными для получения целостной энохимической картины. Элементные соотношения концентрации Al, B, Ca, Cu, Fe, K, Mg и Mn применялись для характеристики и аутентификации вин в зависимости от географических, сортовых и энологических факторов [19]. Содержание девяти элементов Ba, Cd, Co, Cu, Ni, Sb, Tl, V и Zn значительно различалось в винах из трех производственных зон, тогда как содержание элементов As, Cr и Pb, в рамках образцов из этих регионов не различалось ($p > 0,05$) [20].

Используя минеральный состав анализируемых образцов вин в качестве химических дескрипторов географического происхождения, возможно проводить их позитивную дискриминацию по виноградо-винодельческому региону и странам, при этом многие авторы базируются на профиле, включающем порядка 13 элементов, хотя другие исследователи предпочитают видеть более развернутую характеристику вина с 30 и более показателями для повышения точности результатов [12].

Существует множество способов определения массовой концентрации микро- и макроэлементов в напитках и продуктах питания, которые активно используются в контроле качества и в научных исследованиях, к ним относятся (табл. 2): капиллярный

электрофорез с обратным оптическим детектированием; атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС) пламени ацетиленовой горелки (П-ААС) и атомно-абсорбционная спектроскопия с электротермической атомизацией в графитовой печи (ЭТА); атомно-эмиссионная спектроскопия (АЭС) с аргонной индуктивно связанной плазмой (ИСП) и азотной микроволновой плазмой (МП-АЭС), а также масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС) и азотной микроволновой плазмой (МП-МС); рентгенофлуоресцентная спектроскопия (РФА) с полным внешним отражением и энергодисперсионная рентгенофлуоресцентная спектроскопия (ЭД-РФА) [2-5, 21-39].

Исследование элементного состава вин осуществляется в основном с использованием вышеуказанных методов анализа (табл. 2), базирующихся на различных принципах возбуждения атомов и способах регистрации аналитического сигнала.

Атомно-абсорбционная спектроскопия с атомизацией в пламени или графитовой печи является классическим методом элементного анализа, используемого для контроля качества продуктов питания [1]. Метод основан на поглощении характеристической длины волны элемента атомизированной пробы, переведенной в раствор, и является, по сути, одноэлементным, а реализующие метод спектрометры – последовательными. Для измерения нескольких элементов требуется использование нескольких ламп с полым катодом и нескольких циклов атомизации при использовании графитовых печей. К недостаткам метода можно отнести узкий диапазон линейности градуировочного графика (1-2 порядка), высокие матричные влияния (требуется использовать буферы и матричные модификаторы), необходимость использования взрывоопасных газов (для П-ААС), ограничения числа определяемых элементов (для каждого элемента нужна своя лампа; при использовании ЭТА образуются карбиды, например V_4C) и низкая производительность анализа. К достоинствам можно отнести доступную стоимость оборудования, высокую чувствительность и селективность ААС, простоту работы и высокую производительность.

Рентгено-флуоресцентный анализ основан на измерении флуоресценции образца, облучаемого высокоэнергетическими рентгеновскими лучами, и обеспечивает возможность многокомпонентного анализа твердых образцов в широком динамическом диапазоне. Ограничениями метода являются низкая чув-

Таблица 2. Методические подходы к определению минеральных компонентов в вине

Table 2. Methodological approaches to determine mineral components in wine

Компоненты минерального состава	Метод определения	Страна / регион исследуемых вин	Источник
Ca, K, Mg, Na	капиллярный электрофорез	Россия / Дагестан	21
Ca, K, Mg, Na Rb, Sr, Tl	капиллярный электрофорез ААС-ЭТА	Россия / Краснодарский край	22
Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Gd, Ge, Ho, Li, K, Na, Ni, Mg, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Ru, Sb, Si, Sn, Sr, Ta, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr	ИСП-АЭС и ИСП-МС	Россия / Краснодарский край	2, 3, 5
Al, Ba, Ca, Co, K, Li, Mg, Mn, Na, NH_4 , Rb, Sr	ААС-ЭТА и капиллярный электрофорез	Россия / Краснодарский край	4
Br, Ca, Cu, Fe, K, Mn, Rb, Sr, Zn	ЭД-РФА и РФА	Австрия, Хорватия	23
53 элемента	П-ААС и ИСП-МС	Португалия	24
Ca, K, Mg, Na, Fe Al, B, Ba, Cr, Cu, Mn, Rb, Sc, Sr, Ti, Zn	ИСП-АЭС ИСП-МС	Франция / Бордо, Бургундия, Лангедок-Руссильон, Рона	25
Al, Ba, Ca, Cd, Cs, Cu, Fe, Mg, K, Li, Mn, Na, Rb, Sr, Zn,	ИСП-МС	Китай	26
Al, B, Ba, Ce, Cd, Co, Cr, Cu, V, Li, Mn, Mo, Nb, LOD, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Sr, Sn, Tl, U, W, Zn, Zr,	ИСП-МС	Южная Африка	27
62 элемента	МП-АЭС и ИСП-МС	США	28
Al, B, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Sr	ИСП-АЭС	Бразилия, Аргентина, Испания, Франция	29
Ba, Ca, Cr, Cu, K, Fe, Mn, Ni, Pb, Rb, Sr, V, Zn	РФА	Хорватия	30

ствительность при определении элементов с атомной массой от 1 до 24 а.е.м. (от H до Mg) и необходимостью использования аттестованных образцов сравнения высокой и особой чистоты. Даже при использовании сверхчистого реагента могут появляться примеси, что обязательно требует тщательного измерения эталонного образца [1]. Благодаря простоте, возможности экспресс-анализа, точности, отсутствию сложной пробоподготовки метод РФА широко используется в промышленности, научных лабораториях.

В настоящее время одним из самых распространенных методов элементного анализа растворов является атомно-эмиссионная спектроскопия с ИСП [2, 3, 12, 25, 28, 29, 32-34]. Современные ИСП-спектрометры позволяют одновременно определять до 78 элементов в одной пробе за короткое время. ИСП позволяет получать спектры эмиссии Cl, Br, S и I, практически недоступных для определения методом ААС, а также обеспечивает относительно низкие матричные влияния. Спектрометры обеспечивают высокую воспроизводимость, точность и правильность, широкий линейный диапазон определяемых концентраций до 10⁷ порядков, позволяя анализировать высокоминерализованные пробы. К ограничениям можно отнести значительную стоимость оборудования и эксплуатации, весьма затратным расход-

ным материалом является газ аргон высокой и особой чистоты.

Метод ИСП-МС основан на использовании индуктивно-связанной плазмы в качестве источника ионов и масс-спектрометра (в большинстве случаев, для атомной спектроскопии используют системы на основе квадруполь) для их разделения и детектирования. ИСП-МС спектрометры позволяют количественно определять практически все элементы периодической системы Менделеева и проводить изотопный анализ, определять содержание отдельных изотопов элемента и изотопные отношения, что востребовано при анализе ядерных материалов и геологических образцов. К недостаткам метода относят высокие матричные влияния в сравнении с ИСП-АЭС, ограничение минерализации анализируемых растворов (не более 1 г/л), высокую стоимость оборудования, для работы которого требуется также специальное помещение, значительные затраты на эксплуатацию, а также высококвалифицированные специалисты.

Появление источников микроволновой плазмы (МП) с приближающимися к индуктивно связанной плазме параметрами, а также возможность использования атмосферного азота (в атмосфере ~ 80 % N₂) в качестве плазмообразующего газа привело к появлению серийных атомно-эмиссионных спектрометров с микроволновой плазмой и масс-спектрометров с МП [32, 34]. К достоинствам метода можно отнести приближающейся к ИСП аналитические характеристики и относительно низкие эксплуатационные расходы при использовании генераторов азота. Температура азотной МП составляет около 4000-5000 °С (для сравнения ИСП – 5000-7000°С), что приводит к большему влиянию матричных элементов на аналитический сигнал (матричным эффектам), особенно при анализе проб с высоким содержанием легкоионизируемых элементов (Li, Na, K и др.) [33, 34], а также худшей по сравнению с ИСП эффективностью ионизации в варианте МС. Тем не менее, методы МП-АЭС и МП-МС являются перспективными и привлекательными методами изучения элементного состава вин.

Перечисленные методические подходы определения химических элементов отличаются сложностью и стоимостью оборудования, аналитическими принципами определения, чувствительностью, точностью и скоростью получения результатов, а также требованиями к компетенции специалистов-аналитиков. Например, РФА спектроскопия полного отражения имеет ограничения и применима к твердым порошковым формам проб, а также ограничена в определении содержания легких элементов (особенно P, S, K, Mg) [31]. При этом эталонным методом определения содержания металлов в пробах вина считают метод ИСП-МС, демонстрирующий революционно высокое разрешение и чувствительность, однако такое измерение имеет высокую себестоимость. Наиболее перспективными для внедрения в сфере исследования вин и подобных напитков представляются методы атомно-эмиссионной спектроскопии плазмы (ИСП-АЭС и МП-АЭС), демонстрирующие быстрый сбор

данных о содержании нескольких десятков элементов одновременно и позволяющих использовать спектральные картины в обработке данных без идентификации состава [35]. Тем не менее, для количественного определения в винах элементов, содержащихся в следовых и ультраследовых концентрациях, метод ИСП-МС является безальтернативным [12, 15].

В качестве потенциальных дескрипторов типов вин были предложены элементы Al, B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na и Zn, использование метода ИСП-АЭС позволило увеличить список: B, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, P, S, Si, Sr и Zn. Применение ИСП-МС обеспечило определение 24 аналитов с концентрациями, превышающими пределы количественного определения прибора: B, Ba, Ca, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Rb, S, Sc, Si, Sr, Ti, Zn и Zr.

В таблице 3 приведены основные статистические данные по элементам, полученные на выборке 180 образцов [12]. Концентрация Ag, B, Ba, Be, Bi, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, Sn, Sr, Te, Tl, U и Zn была определена методом ИСП-МС; Ca, Fe, K, Mg и Ti – методом ИСП-АЭС. На наш взгляд, некоторые данные имеют неоднозначную трактовку. Так, указанное содержание калия 4,8 мг/л, в работе [12], значительно отклоняется от диапазона, приведенного другими авторами – 435-1795 мг/л [3, 9, 18]. Аналогичная ситуация с макроэлементом Mg (13-612 мг/л), согласно [14] верхняя граница его содержания значительно ниже и составляет 131 мг/л. На данных примерах видно, что широкий разброс значений показателей может объясняться не только агроэкологическими особенностями выращивания винограда и технологическими факторами производства вин. Матричные эффекты обусловлены сложностью орга-

Таблица 3. Содержание неорганических компонентов вин [12]

Table 3. Content of non-organic components in wines [12]

Массовая концентрация, мкг/л			
элемент	медиана	элемент	медиана
Ag	3,340	Mn	804,1
B	17149	Mo	6,210
Ba	113,4	Ni	35,69
Be	0,021	Pb	38,20
Bi	1,000	Rb	658,6
Ca	66238	Sb	0,368
Cd	<LOD	Sn	<LOD
Co	7,410	Sr	438,2
Cu	53,78	Te	0,009
Cr	55,27	Ti	96,46
Fe	1224	Tl	0,360
K	84281	U	0,269
Li	21,39	Zn	117,8
Mg	70855		

Примечание: <LOD – limit of detection – ниже предела обнаружения

нической и неорганической составляющих системы вин, включающих сотни разнообразных компонентов, что требует соответствующей корректировки пробоподготовки и условий проведения анализа для получения достоверных данных [36, 37]. Независимо от выбранной аналитической стратегии, полученные данные должны подвергаться верификации, после чего могут служить основанием для экспертизы вина.

Многоэлементные массивы данных по составу вин требуют применения хемометрических методов для их характеристики, классификации и аутентификации. Метод главных компонент выбирается для предварительной хемометрической обработки данных, чтобы найти естественные закономерности состава различных образцов вин. Для целей классификации в основном используют линейный дискриминантный анализ и частичный дискриминантный анализ наименьших квадратов. В некоторых случаях для улучшения классификации и эффективности аутентификации применяют другие методы, такие как метод *k*-ближайших соседей, нейронная сеть и метод опорных векторов [38]. Математическое моделирование с применением методов машинного обучения прямого распространения, случайного леса и опорных векторов показало высокую точность дифференциации географического происхождения винограда (98,3 %, 96,7 % и 100 % соответственно) и 100 % точность всех моделей распознавания вина [39].

Следует отметить, что при идентификации вин применяют понятие «отпечатков пальцев», требующее многоэлементного набора данных, полученного методами ИСП-АЭС и ИСП-МС и обработанного с применением многомерных статистических методов [12, 15].

Выводы

Таким образом, многоэлементный профиль металлов является важным показателем в техноконтроле качества вин, в том числе для определения их географического происхождения. Существует множество методов определения химических элементов, которые отличаются сложностью и стоимостью оборудования, аналитическими принципами определения, чувствительностью, точностью и скоростью получения результатов, а также требованиями к компетенции специалистов-аналитиков. Наиболее перспективным для получения стандартизированных наборов данных многоэлементного состава вин является применение атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Данный методический подход обеспечивает быстрый одновременный сбор данных о высокоточном содержании нескольких десятков элементов в диапазоне от нескольких нг/л до сотен мг/л, а также позволяет использовать спектральные картины для цифровой обработки данных без идентификации состава.

Исследования будут продолжены в направлении совершенствования методик выполнения измерений содержания отдельных элементов, создания баз данных и разработки обучающих выборок для систем

искусственного интеллекта.

Источник финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания № FNZM-2022-0005.

Financing source

The work was conducted under public assignment No. FNZM-2022-0005.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы / References

1. Katerinopoulou K., Kontogeorgos A., Salmas C.E., Patakas A., Ladavos A. Geographical origin authentication of agri-food products: A review. *Foods*. 2020;9:489. DOI 10.3390/foods9040489.
2. Temerdashev Z., Bolshov M., Abakumov A., Khalafyan A., Kaunova A., Vasilyev A., Sheludko O., Ramazanov A. Can rare earth elements be considered as markers of the varietal and geographical origin of wines? *Molecules*. 2023;28:4319. DOI 10.3390/molecules28114319.
3. Temerdashev Z., Abakumov A., Khalafyan A., Bolshov M., Lukyanov A., Vasilyev A., Gipich E. The influence of the soil profile on the formation of the elemental image of grapes and wine of the Cabernet Sauvignon variety. *Molecules*. 2024.10;29(10):2251. DOI 10.3390/molecules29102251.
4. Марковский М.Г., Бурцев Б.В., Гугучкина Т.И., Шелудько О.Н. Исследование распределения и взаимосвязи макро- и микроэлементов в винах в целях определения возможности их географической идентификации. *Плодоводство и виноградарство Юга России*. 2019;59(5):155-166. DOI 10.30679/2219-5335-2019-5-59-155-166. Markovsky M.G., Burtsev B.V., Guguchkina T.I., Sheludko O.N. Study of distribution and relationship of macro- and microelements in the wines to determine the possibility of their geographic identification. *Fruit Growing and Viticulture of the South of Russia*. 2019;59(5):155-166. DOI 10.30679/2219-5335-2019-5-59-155-166 (in Russian).
5. Temerdashev Z., Abakumov A., Bolshov M., Khalafyan A., Ageeva N., Vasilyev A. Data on the influence of clarification and stabilization with bentonite clays on the elemental composition of red wines determining their varietal affiliation. *Data Br*. 2022;42:108163. DOI 10.1016/j.dib.2022.108163.
6. Hu X.-Zh., Liu S.-Q., Li X.-H., Wang C.-X., Ni X.-L., Liu X., Wang Ya., Liu Yu., Xu Ch.-H. Geographical origin traceability of Cabernet Sauvignon wines based on Infrared fingerprint technology combined with chemometrics. *Sci. Rep*. 2019;9:8256. DOI 10.1038/s41598-019-44521-8.
7. Santos C.E., Debastiani R., Souza V.S., Peretti D.E., Jobim P.F.C., Yoneama M.L., Amaral L., Dias J.F. The influence of the winemaking process on the elemental composition of the Marselan red wine. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019;99(10):4642-4650. DOI 10.1002/jsfa.9704.
8. Shimizu H., Akamatsu F., Kamada A., Koyama K., Iwashita K., Goto-Yamamoto N. Effects of variety and vintage on the minerals of grape juice from a single vineyard. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2022;107:104377. DOI 10.1016/j.jfca.2021.104377.
9. Ivić I., Kopjar M., Obhodaš J., Vinković A., Pichler D., Mesić J., Pichler A. Concentration with nanofiltration of red wine Cabernet Sauvignon produced from conventionally and ecologically grown grapes: effect on volatile compounds and chemical composition. *Membranes*. 2021;11:320. DOI

- 10.3390/membranes11050320.
10. Waterhouse A.L., Sacks G.L., Jeffery D.W. Wine chemistry. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Inc. 2024:1-530.
11. Гнилomedova Н.В., Аникина Н.С., Колеснов А.Ю. Методические подходы к определению географического происхождения вин. Обзор. Техника и технология пищевых производств. 2023;53(2):231-246. DOI 10.21603/2074-9414-2023-2-2429.
Gnilomedova N.V., Anikina N.S., Kolesnov A.Yu. A review of methodological approaches to authenticating the geographical origin of wines. Food Processing: Techniques and Technology. 2023;53(2):231-246 DOI 10.21603/2074-9414-2023-2-2429 (in Russian).
12. Gajek M., Pawlaczyk A., Szykowska-Jozwik M. I. Multi-elemental analysis of wine samples in relation to their type, origin, and grape variety. Molecules. 2021;26(1):214. DOI 10.3390/molecules26010214.
13. Гнилomedova Н.В., Аникина Н.С., Весютова А.В., Олейникова В.А., Гавриш В.М., Чайка Т.В. Идентификация кристаллов тартратных солей в составе осадка вин. Техника и технология пищевых производств. 2022;52(3):490-499. DOI 10.21603/2074-9414-2022-3-2382.
Gnilomedova N.V., Anikina N.S., Vesjutova A.V., Oleinikova V.A., Gavrish V.M., Chayka T.V. Identifying tartrate salt crystals in wine sediment. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(3):490-499. DOI 10.21603/2074-9414-2022-3-2382 (in Russian).
14. Jakińska D., Dasteridis I., Kubicki M., Frankowski M., Ziola-Frankowska A. Determination of metal content by inductively coupled plasma-mass spectrometry in Polish red and white wine samples in relation to their type, origin, grape variety and health risk assessment. Foods. 2023;12:3205. DOI 10.3390/foods12173205.
15. Płotka-Wasyłka J., Frankowski M., Simeonov V., Polkowska Z., Namieśnik J. Determination of metals content in wine samples by inductively coupled plasma-mass spectrometry. Molecules. 2018;23:2886. DOI 10.3390/molecules23112886.
16. Feher I., Magdas D.A., Dehelean A., Sârbuet C. Characterization and classification of wines according to geographical origin, vintage and specific variety based on elemental content: a new chemometric approach. J Food Sci Technol. 2019;56:5225-5233. DOI 10.1007/s13197-019-03991-4.
17. Espinoza Cruz T.L.E., Esperanza M.G., Wrobel K., Barrientos E.Y., Aguilar F.Ja.A., Wrobel K. Determination of major and minor elements in Mexican wines by microwave-induced plasma optical emission spectrometry, evaluating different calibration methods and exploring potential of the obtained data in assessment of wine provenance. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy. 2020;164:10575. DOI 10.1016/j.sab.2019.105754.
18. Leder R., Petric I.V., Jusup J., Banović M. Geographical discrimination of Croatian wines by stable isotope ratios and multielemental composition analysis. Front Nutr. 2021;8:625613. DOI 10.3389/fnut.2021.625613.
19. Mir-Cerdà A., Granell B., Izquierdo-Llopert A., Sahuquillo À., López-Sánchez J.F., Saurina J., Sentellas S. Data fusion approaches for the characterization of musts and wines based on biogenic amine and elemental composition. Sensors. 2022;22(6):2132. DOI 10.3390/s22062132.
20. Chen K., Xue H., Shi Q., Zhang F., Ma Qnyun, Sun J., Liu Y., Tang Y., Wang W. Geographical identification of Chinese wine based on chemometrics combined with mineral elements, volatile components and untargeted metabolomics. Food Chemistry: 2024;X 22:101412. DOI 10.1016/j.fochx.2024.101412.
21. Власова О.К., Даудова Т.И., Гасанов Р.З., Шелудько О.Н., Ширишова А.А., Абакумова А.А. Органические кислоты и катионы в структурных элементах ягоды винограда и виноматериалах. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021;68(2):215-231. DOI 10.30679/2219-5335-2021-2-68-215-231.
Vlasova O., Daudova T., Gasanov R., Sheludko O.N., Shirshova A.A., Abakumova A.A. Organic acids and cations in structural elements of grape berries and wine materials. Fruit Growing and Viticulture of South Russia. 2021;68(2): 215-231. DOI 10.30679/2219-5335-2021-2-68-215-231 (in Russian).
22. Антоненко О.П., Гугучкина Т.И., Шелудько О.Н., Антоненко М.В., Храпов А.А. Исследование вин с географическим статусом производства ООО «Шумринка». Вестник КрасГАУ. 2023;11:258-267 DOI 10.36718/1819-4036-2023-11-258-267.
Antonenko O.P., Guguchkina T.I., Sheludko O.N., Antonenko M.V., Hrapov A.A. Research of wines with geographical status produced by Shumrinka LLC. Bulliten KrasSAU. 2023;(11):258-267. DOI 10.36718/1819-4036-2023-11-258-267.5 (in Russian).
23. Obhodaš J., Valković V., Vinković A., Sudac D., Čanadija I., Pensa T., Fiket Ž., Turyanskaya A., Bretschneider T., Wilhelmer C., Gunchin G., Kregsamer P., Wobrauschek P., Strelj Ch. X-ray fluorescence techniques for element abundance analysis in wine. ACS Omega. 2021;6(35):22643-22654. DOI 10.1021/acsomega.1c02731.
24. Rocha S., Pinto E., Almeida A., Fernandes E. Multi-elemental analysis as a tool for characterization and differentiation of Portuguese wines according to their Protected Geographical Indication. Food Control. 2019;103:27-35. DOI 10.1016/j.foodcont.2019.03.034.
25. Wu H., Lin G., Tian L., Yan Z., Yi B., Bian X., Jin B., Xie L., Zhou H., Rogers K.M. Origin verification of French red wines using isotope and elemental analyses coupled with chemometrics. Food Chemistry. 2021;339. DOI 10.1016/j.foodchem.2020.127760.
26. Hao X., Gao F., Wu H., Song Y., Zhang L., Li H., Wang H. From soil to grape and wine: Geographical variations in elemental profiles in different Chinese regions. Foods. 2021;10(12):3108. DOI 10.3390/foods10123108.
27. Van der Linde G., Fischer J.L., Coetzee P.P. Multi-element analysis of South African wines and their provenance soils by ICP-MS and their classification according to geographical origin using multivariate statistics. South African Journal of Enology and Viticulture. 2010;31(2):143-153. DOI org/10.21548/31-2-1411.
28. Tanabe C.K., Nelson J., Boulton R.B., Ebeler S.E., Hopfer H. The use of macro, micro, and trace elemental profiles to differentiate commercial single vineyard Pinot Noir wines at a sub-regional level. Molecules. 2020;25(11). DOI 10.3390/molecules25112552.
29. Rodrigues N.P., Rodrigues E., Celso P.G., Kahmann A., Yamashita G.H., Anzanello M.J., et. al. Discrimination of sparkling wines samples according to the country of origin by ICP-OES coupled with multivariate analysis. LWT. 2020;131:109760. DOI 10.1016/j.lwt.2020.109760.
30. Čepo D.V., Karoglan M., Borgese L., Depero L.E., Marguí E., Jablan J. Application of benchtop total-reflection X-ray fluorescence spectrometry and chemometrics in classification of origin and type of Croatian wines. Food Chemistry: X. 2022;13:100209. DOI 10.1016/j.fochx.2022.100209
31. Maltsev A.S., Yusupov R.A., Bakhteev S.A. Overcoming

- absorption effects in the determination of light elements in beverages by total reflection X-ray spectrometry. *X-Ray Spectrometry*. 2022;1-8. DOI 10.1002/xrs.3283.
32. Schwartz A.J., Cheung Y., Jevtic J., Pikelja V., Menon A., Ray S.J., Hieftje G.M. New inductively coupled plasma for atomic spectrometry: The microwave sustained, inductively coupled, atmospheric-pressure plasma (MICAP). *J. Anal. At. Spectrom.* 2016;31(2):440-449. DOI 10.1039/C5JA00418G.
33. Pelipasov O.V., Polyakova E.V. Matrix effects in atmospheric pressure nitrogen microwave induced plasma optical emission spectrometry. *J. Anal. At. Spectrom.* 2020;35:1389-1394. DOI 10.1039/D0JA00065E.
34. Serrano R., Grindlay G., Gras L., Mora J. Microwave-sustained inductively coupled atmospheric-pressure plasma (MICAP) for the elemental analysis of complex matrix samples. *Talanta*. 2024;271:125666. DOI 10.1016/j.talanta.2024.125666.
35. Komin O.V., Pelipasov O.V. Continuation of investigation of effect of O₂ in plasma gas on parameters of nitrogen microwave-induced plasma optical emission spectrometry. *Spectrochimica Acta. Part B: Atomic Spectroscopy*. 2023;207:106742. DOI 10.1016/j.sab.2023.106742.
36. Савинов С.С., Тлеужанова Р.Д., Разживин А.В., Баранов И.М. Матричное влияние при анализе жидких проб методом АЭС-ИСП // IV Всероссийская конференция по аналитической спектроскопии с международным участием: материалы конференции, Краснодар, 24–30 сентября 2023 года. Краснодар: Кубанский государственный университет. 2023:160. Savinov S.S., Tleuzhanova R.D., Razzhivin A.V., Baranov I.M. Matrix influence in the analysis of liquid samples by the AESISP method. IV All-Russian Conference on Analytical Spectroscopy with International Participation: conference materials, Krasnodar, September 24–30, 2023. Krasnodar: Kuban State University. 2023:160 (in Russian).
37. Thaler K.M., Schwartz A.J., Haisch C., et al. Preliminary survey of matrix effects in the microwave-sustained, inductively coupled atmospheric-pressure plasma (MICAP). *Talanta*. 2018;180:25–31. DOI 10.1016/j.talanta.2017.12.021.
38. Granell B., Izquierdo-Llopart A., Sahuquillo À., López-Sánchez J.F., Saurina J. Characterization of musts, wines, and sparkling wines based on their elemental composition determined by ICP-OES and ICP-MS. *Beverages*. 2022;8:3. DOI 10.3390/beverages8010003.
39. Gao F., Hao X., Zeng G., Guan L., Wu H., Zhang L., Wei R., Wang H., Li H. Identification of the geographical origin of Ecolly (*Vitis vinifera* L.) grapes and wines from different Chinese regions by ICP-MS coupled with chemometrics. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2022;105:104248. DOI 10.1016/j.jfca.2021.104248.

Информация об авторах

Надежда Станиславовна Аникина, д-р техн. наук, ст. науч. сотр., зав. лабораторией химии и биохимии вина; e-мейл: hv26@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5682-3426>;

Нонна Владимировна Гниломедова, канд. техн. наук, доцент, вед. науч. сотр. лаборатории химии и биохимии вина; e-мейл: 231462@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1784-2370>;

Евгений Анатольевич Сластья, канд. биол. наук, науч. сотр. лаборатории химии и биохимии вина; e-мейл: phyton.crimea@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6750-9587>;

Олег Владимирович Пелипасов, канд. техн. наук, науч. сотр. лаборатории оптических информационных систем; e-мейл: pelipasov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9318-5475>.

Information about authors

Nadezhda S. Anikina, Dr. Techn. Sci., Senior Staff Scientist, Head of the Laboratory of Chemistry and Biochemistry of Wine; e-mail: hv26@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5682-3426>;

Nonna V. Gnilomedova, Cand. Techn. Sci., Assistant Professor, Leading Staff Scientist, Laboratory of Chemistry and Biochemistry of Wine; e-mail: 231462@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1784-2370>;

Evgenij A. Slastya, Cand. Biol. Sci., Staff Scientist, Laboratory of Chemistry and Biochemistry of Wine; e-mail: phyton.crimea@gmail.com; orcid.org/0000-0002-6750-9587;

Oleg V. Pelipasov, Cand. Techn. Sci., Staff Scientist, Laboratory of Optical Information Systems; e-mail: pelipasov@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-9318-5475>.

Статья поступила в редакцию 06.11.2024, одобрена после рецензии 13.11.2024, принята к публикации 20.11.2024

УДК 663.256
EDN ZFWQFU

О Р И Г И Н А Л Ь Н О Е И С С Л Е Д О В А Н И Е

Перспективы использования установки марки УПХ-850 для производства хереса пленочным методом

Сильвестров А.В.[✉], Чаплыгина Н.Б., Загоруйко В.А., Иванова Е.В., Червяк С.Н., Мишунова Л.А.

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

[✉]asilvestr12@mail.ru

Аннотация. Основным направлением развития отечественной винодельческой промышленности является дальнейшая модернизация технологического оборудования и оснащение производства современными машинами и аппаратами для повышения качества и конкурентоспособности винодельческой продукции, а также расширения ее ассортимента в целях более полного удовлетворения потребительского спроса. Вино типа херес принадлежит к числу вин с наиболее сложной технологией производства, обеспечивающей этому вину оригинальный букет и вкус. Несмотря на различные технологии получения хереса и разнообразные конструктивные решения технологического оборудования, позволяющего осуществлять данные технологии, пленочный способ хересования виноматериала остается основным для производства высококачественного марочного вина этого типа. Однако при этом он остается трудоемким и малопродуктивным. С целью увеличения объемов выпуска качественного хереса институтом «Магарач» была создана установка марки УПХ-850 для производства хереса пленочным непрерывным способом, разработанная с учетом оптимального соотношения поверхности хересной пленки к объему хересуемого виноматериала. После выхода установки в рабочий режим обеспечивается отъем от 100 до 120 дал в сутки хересованного виноматериала.

Ключевые слова: виноматериал; пленкообразующие дрожжи; альдегиды; ацетали; методы получения; резервуар.

Для цитирования: Сильвестров А.В., Чаплыгина Н.Б., Загоруйко В.А., Иванова Е.В., Червяк С.Н., Мишунова Л.А. Перспективы использования установки марки УПХ-850 для производства хереса пленочным методом // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):416-420. EDN ZFWQFU.

O R I G I N A L R E S E A R C H

Prospects of using the UPH-850 unit for sherry production by the film method

Silvestrov A.V.[✉], Chaplygina N.B., Zagorouiko V.A., Ivanova E.V., Chervyak S.N., Mishunova L.A.

All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russia

[✉]asilvestr12@mail.ru

Abstract. The main direction of national wine industry development is a further modernization of technological equipment, supplying production with modern machines and devices in order to improve the quality and competitiveness of wine products, as well as to expand their assortment to more fully satisfy consumer demand. Sherry wine has the most complex production technology to provide this wine with original aroma and flavor. Despite various technologies for sherry production, and a variety of design solutions for technological equipment allowing these technologies to be implemented, the film method of wine sherrization remains the main for the production of high-quality vintage wine of this type. However, it remains labor-intensive and low-productive. In order to increase the volume of high-quality sherry production, the UPH-850 unit for the production of sherry using a continuous film method was developed in the Institute Magarach, taking into account the optimal ratio of the surface of sherry film to the volume of sherry wine material. Since the unit is in operating mode, it can produce between 100 and 120 dL of sherry wine material per day.

Key words: wine material; film-forming yeast; aldehydes; acetals; production methods; reservoir.

For citation: Silvestrov A.V., Chaplygina N.B., Zagorouiko V.A., Ivanova E.V., Chervyak S.N., Mishunova L.A. Prospects of using the UPH-850 unit for sherry production by the film method. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):416-420. EDN ZFWQFU (in Russian).

Введение

Вино типа херес готовят по специальной технологии, основанной на использовании пленкообразующих дрожжей рода *Saccharomyces*, специфическое действие которых заключается в свойстве окислять этиловый спирт с образованием альдегидов в аэробных условиях. В результате идет обогащение свободными и связанными альдегидами, летучими эфирами и другими компонентами, обуславливающими появление в вине специфического тона в букете и вкусе [1–3].

Херес обладает оригинальным букетом и вкусом, а также определенной антимикробной и антиоксидантной активностью, несмотря на снижение содержания ресвератрола до 80 % от исходного содержания в виноматериале в процессе биологического старения под действием хересных дрожжей [4].

В технологии производства хереса ведущая роль принадлежит дрожжам, что требует комплекса условий для роста и развития дрожжевых клеток [3], в том числе применения специального технологического оборудования.

В СССР благодаря работам А.М. Фролова-Багрева, М.А. Герасимова, Н.Н. Простосердова, А.А. Преображенского, Н.Ф. Саенко, Г.И. Козуба, А.А.

© Сильвестров А.В., Чаплыгина Н.Б., Загоруйко В.А., Иванова Е.В., Червяк С.Н., Мишунова Л.А., 2024

Мартакова и др. производство хереса было широко развито и вырабатывалось 23 наименования высококачественных хересных вин [1, 5].

В настоящий момент производство российского хереса осуществляется в Республике Крым и в Дагестане.

Вино типа херес относится к категории ликерных вин. Объемная доля этилового спирта в винах данного типа по ГОСТ 32715-2014 может варьировать в диапазоне от 15,0 % до 22,0 %.

Хересные виноматериалы вырабатывают из белых нейтральных сортов винограда по действующим на производстве технологическим инструкциям [6].

Существует несколько способов получения хереса, у которых есть свои достоинства и недостатки [1, 5]: пленочный – классический метод культивирования пленки хересных дрожжей на поверхности вина, обеспечивающий высокое качество получаемой продукции; глубинный – метод глубинного культивирования хересных дрожжей или метод погруженных культур хересных дрожжей; глубинно-пленочный – метод, при котором накопление альдегидов происходит за счет глубинной ферментации, а затем производится выдержка ферментированного виноматериала под хересной пленкой.

Классический способ получения хереса предполагает выдержку и созревание виноматериала под пленкой хересных дрожжей в неполных бочках, расположенных в 3 или 4 яруса. Бочки никогда не бывают пустыми. Они постоянно заполнены на 7/8 их объема. Нижний ряд бочек называется солера, в нем находится наиболее зрелые старые виноматериалы, которые отбирают для реализации вина. Остальные ряды бочек называются криадера с номерами по мере повышения: 1-я, 2-я, 3-я. Движение виноматериала осуществляется так, что бочки нижнего ряда после отбора из них готового виноматериала доливают из бочек 1-й криадеры, бочки 1-й криадеры пополняют из 2-й криадеры и т.д. Так поддерживается постоянная однородность партий хереса как по химическому составу, так и по органолептическим показателям. В бочках десятилетиями накапливаются осадки, содержащие продукты автолиза хересной пленки, выпадающие на дно, которые придают хересу богатство оттенков в букете и вкусе [5].

Пленочный способ хересования виноматериала осуществляют как периодическим способом путем длительной выдержки в отдельных бочках, бутах, металлических резервуарах, так и периодическим способом в бочках или системах последовательно соединенных резервуаров. Метод хересования в бочках заключается в следующем: дубовые бочки объемом 50 дал на 80 % их вместимости заполняются хересным виноматериалом, предварительно подспиртованным до крепости 16,3–16,5 % об., на поверхности которого производят посев небольшого фрагмента пленки чистой культуры дрожжей расы Херес-96К, Херес-20С или других спиртоустойчивых рас. Шпунтовое отверстие бочек закрывают ватной пробкой или специальным шпунтом, обеспечивающим доступ воздуха к виноматериалу. Температура воздуха в помещении

поддерживается на уровне 15–16 °С. Бочки обычно расположены в несколько рядов. Периодически не реже двух раз в год производят отъем виноматериала из-под пленки в количестве 30–50 %, при этом в виноматериале должно накопиться не менее 300 мг/дм³ альдегидов, не менее 90 мг/дм³ ацеталей и должен появиться ярко выраженный хересный тон в букете и вкусе. Отобранный виноматериал восполняется исходным спиртованным хересным виноматериалом [5].

Периодический способ получения хереса обеспечивает производство вина постоянного типа и качества. Однако он малопроизводителен и отличается высокими удельными затратами. Производство хереса этим способом требует большого количества дорогостоящих дубовых бочек, приводит к нерациональному использованию производственных помещений, кроме того, микробиологический и химический контроль за каждой бочкой хереса после пленкования чрезвычайно затруднен и не всегда может быть своевременно осуществлен, особенно при многоярусном расположении бочек.

М.А. Герасимов и Н.Ф. Саенко предложили вести хересование виноматериалов в крупных резервуарах. Они показали, что в бутах емкостью 700–800 дал возможно получать херес, не уступающий по качеству бочковому. Однако этот метод лишь отчасти решал вопрос о расширении производства хересных вин [5].

Способ хересования в непрерывном потоке разработан Г.Г. Агабальянцем [5].

Известна установка для поточного хересования с непрерывным дозированием воздуха в виноматериал, которая состоит из 8 последовательно соединенных цилиндрических резервуаров вместимостью 320 дал каждый и системой автоматического управления. Но данная установка была сложна в управлении и обслуживании [5].

Мартаковым А.А. разработана установка для непрерывного хересования виноматериала глубинным методом в условиях сверхвысокой концентрации дрожжей (а.с. № 174589 СССР). Глубинный метод хересования ускоряет процесс образования альдегидов в виноматериалах, однако их качество уступает хересу, полученному пленочным методом.

Предложение по сокращению времени выдержки и ускоренному хересованию виноматериала было реализовано в линии хересования виноматериала в аппаратах, состоящих из пяти горизонтальных резервуаров-кассет, установленных один над другим. Размер кассеты 2×4 м, высота стенок 0,7 м, толщина слоя вина под пленкой 0,6 м. Каждая кассета разделена на два отсека продольной перегородкой, в которой имеется окно для перетока виноматериала из одного отсека в другой [7]. Однако это конструктивное предложение имеет недостатки, связанные с перемещением виноматериала и большим количеством образующейся биомассы, что приводит к снижению качества готового вина.

Другое предложение по ускоренному хересованию виноматериалов направлено на усиление их аэрации путем оснащения резервуаров мешалками [8]. Однако это приводит к нарушению формирова-

ния поверхностного слоя дрожжей и хересной пленки, которая играет решающую роль в образовании специфических органолептических свойств хереса. При формировании пленки с разрывами зеркала приток массовой концентрации альдегидов и их производных снижается. При этом повышается значение оптической плотности, ОВ-потенциала, уксусной кислоты, а также снижается органолептическая оценка получаемого вина [9].

Существующие в настоящее время на винодельческих предприятиях установки для производства хересованных вино материалов отличаются малой производительностью. Длительная выдержка вино материала и дополнительные мероприятия по поддержанию дрожжевой пленки в активном состоянии сказываются на затратах по производству хереса.

Целью исследований являлась разработка высокопроизводительной установки для производства хереса и снижение производственных затрат.

Материалы и методы исследований

В качестве объекта исследований использовали способы и установки для производства хересованных вино материалов, а также их режимные параметры и конструктивные особенности.

Для пленкования применяли спиртоустойчивые штаммы дрожжей Херес-96К, Херес-20С, используя при этом чистые культуры дрожжей, приготовленные в лабораторных условиях [9, 10].

Определение компонентного состава вино материала проводили в соответствии с методами технического контроля в виноделии [11].

Результаты и их обсуждение

В основу работы установки для непрерывного хересования вино материала был положен метод пленочного получения хереса. Установка состоит из двух параллельных, независимо работающих линий по хересованию вино материала из семнадцати (1 линия) и восемнадцати (2 линия) последовательно соединенных горизонтальных резервуаров цилиндрической формы вместимостью 580 дал каждый, расположенных друг над другом на раме сварной конструкции (рис. 1, 2).

В верхней торцевой части каждого резервуара в противоположных концах расположены два патрубка, через которые воздушная камера сообщается с внешней средой (рис. 2). Патрубки закрываются специальными пробками. Ниже расположен выходной патрубок, к которому присоединяется переточная труба, а с внутренней стороны резервуара к нему приварена труба для отъема вино материала. В нижней части днища резервуара расположен входной патрубок, к которому присоединена переточная труба, а с внутренней стороны резервуара приварена труба для обеспечения равномерности подачи вино материала по всему объему. В самой нижней части днища резервуара расположен патрубок для слива осадка и моющих растворов. В рабочем состоянии он закрыт заглушкой. В средней части торца резервуара имеется люк для осмотра и санитарной обработки внутренней части резервуара.

Последовательность соединения резервуаров

для хересования вино материала в установке осуществляется переточными трубами: сливной патрубок каждого предыдущего резервуара соединяется с входным патрубком каждого последующего переточной трубой. Переточные трубы каждого 9-го резервуара в двух линиях снабжены кранами для досрочного отъема вино материала в случае необходимости. В установке имеется один на две линии приемный резервуар горизонтального типа для готового хересованного вино материала. Установка снабжена гидрозатворами. Последние резервуары каждой линии производства хереса снабжены устройствами

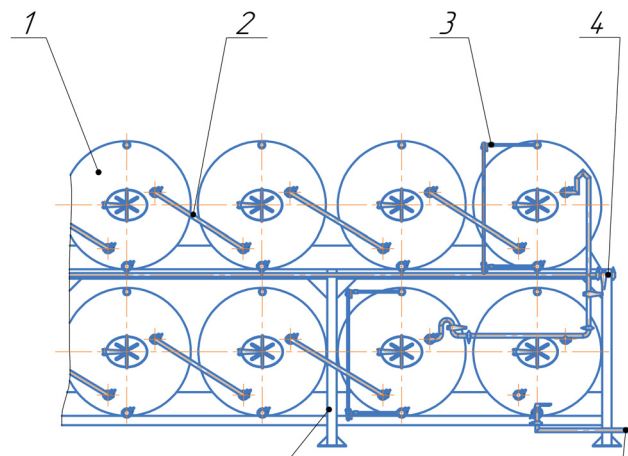


Рис. 1. Схема установки по хересованию вино материалов (фрагмент): 1 – резервуар; 2 – труба переточная; 3 – уровень; 4 – труба подачи вино материала на хересование; 5 – труба отвода готового вино материала; 5 – рама.

Fig. 1. Schematic diagram of the unit for sherrization wine materials (fragment): 1 – reservoir; 2 – overflow pipe; 3 – level probe; 4 – pipe for supplying wine materials for sherrization; 5 – pipe for discharging finished wine materials; 5 – frame.

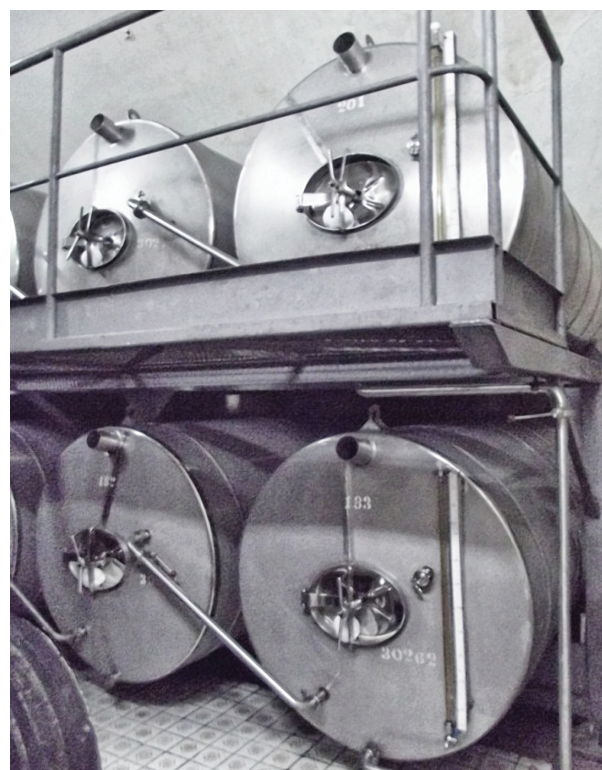


Рис. 2. Установка по хересованию вино материалов
Fig. 2. Unit for wine sherrization

указателя уровня виноматериала.

Принцип работы установки основан на перетоке виноматериала от более молодого к более старому, имеющему более низкий ОВ-потенциал, что усиливает синтез альдегидов. Одновременно подача виноматериала снизу для возмещения отобранного виноматериала способствует перемещению нижних слоев, обогащенных ацетальдами, в верхние слои, богатые альдегидами, что приводит к выравниванию состава виноматериала и более быстрому его созреванию.

Установка для непрерывного хересования виноматериала пленочным методом работает следующим образом. Виноматериал, подготовленный к хересованию, закачивается в напорный резервуар. Для запуска установки виноматериал подается из напорного резервуара самотеком в нижний ряд. 17 резервуаров нижнего ряда заполняются виноматериалом по 460 дал каждый (80 % вместимости). Контроль осуществляется по уровнемеру в последнем резервуаре. После чего осуществляется подача виноматериала в 18 резервуаров верхнего ряда до их заполнения по 460 дал. Контроль также осуществляется по уровнемеру на последнем резервуаре.

После заполнения виноматериалом на поверхность каждого резервуара через воздушный патрубок помещается лабораторная разводка хересной пленки (пленкование).

Через дыхательный патрубок каждый резервуар сообщается с атмосферой, что обеспечивает достаточный кислородный режим для жизнедеятельности дрожжей и роста на поверхности виноматериала хересной пленки. В течение 25–30 дней при температуре 16–20 °С поверхность виноматериала покрывается хересной пленкой. После образования хересной пленки, в случае необходимости, возможна дополнительная подача кислорода через дыхательный патрубок.

После выдержки виноматериала под хересной пленкой в течение 7–8 месяцев и проведения соответствующих анализов из резервуаров нижнего и верхнего ряда производится отъем виноматериала через переточный патрубок в количестве 100–120 дал из каждого резервуара. После чего из напорного резервуара самотеком заполняются все резервуары молодым виноматериалом до прежнего объема (460 дал). Далее, ежедневно контролируя технологический процесс (по альдегидам и ацетальдам), из последних трех резервуаров производится отъем 100–120 дал хересованного виноматериала, после этого установка считается вышедшей на установившейся технологический режим.

Отъем виноматериала производят при содержании в нем альдегидов не менее 300 мг/дм³, ацетальдегидов – не менее 90 мг/дм³ и выраженном хересном тоне и аромате во вкусе. Другие химические показатели готового виноматериала приведены в табл. 1.

При хересовании в установившемся поточном режиме отъем и доливка осуществляется из последнего резервуара по мере готовности виноматериала (каждые 1–1,5 сутки), в количестве до 25 % объема.

Готовый хересный виноматериал насосом из приемного резервуара перекачивается в резервуары для

Таблица 1. Кондиции готового виноматериала
Table 1. Conditions of finished wine material

Наименование показателя	Значение
Содержание спирта, % об.	15,8–16,3
Массовая конц. титруемых кислот, г/дм ³	5,0–7,0
Массовая конц. летучих кислот, г/дм ³ , не более	0,5
SO ₂ общая, мг/дм ³	100
SO ₂ свободная, мг/дм ³ , не выше	8

выдержки и последующих обработок.

Дегустационная оценка полученного виноматериала в среднем на 0,1 балла выше в сравнении с оценкой виноматериала, полученного на существующей в производстве установке.

Техническая характеристика установки приведена в табл. 2.

Таблица 2. Техническая характеристика установки УПХ-850

Table 2. Technical characteristics of the UPH-850 unit

Наименование показателя	Значение
Количество резервуаров, шт.	36
Вместимость одного резервуара, дал	580
Номинальная производительность, дал/сутки	120
Габаритные размеры, мм:	
длина	27900
ширина	4300
высота	3260
Масса, кг, (без рамы, переточных труб и арматуры)	16133

Выводы

Разработана техническая документация на высокопроизводительную установку для производства хереса пленочным способом марки УПХ-850. По данной документации установка изготовлена и успешно внедрена на винодельческом предприятии АО ПАО «Массандра». Использование установки марки УПХ-850 позволило увеличить объемы выпуска высококачественных хересных вин, а также повысить конкурентоспособность отечественной винодельческой продукции. Установка рекомендуется для внедрения в винодельческие регионы.

Источник финансирования

Работа выполняется в рамках государственного задания № FNZM-2022-0006.

Financing source

The work was conducted under public assignment No. FNZM-2022-0006.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Косюра В.Т., Донченко Л.В., Надикта В.Д. Основы виноделия: учебное пособие для вузов. М: Издательство Юрайт. 2024:1-422.
2. Тагиев А.Т., Фаталиев Х.К. Исследование вин типа херес в Азербайджане // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020;4:48-54.

3. Гержилова В.Г., Червяк С.Н. Биохимические превращения при биологической выдержке хересных виноматериалов // Виноградарство и виноделие: Сборник научных трудов ГБУ ННИИВиВ «Магарач». 2015;45:92-94.
 4. Roldán A., Palacios V., Caro I., Pérez L. Evolution of resveratrol and piceid contents during the industrial winemaking process of sherry wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010;58(7):4268–4273. DOI 10.1021/jf9038666.
 5. Ткаченко Д.Г., Агеева Н.М., Маркосов В.А. Совершенствование технологии производства вин типа херес с использованием новой расы дрожжей Кубанская, выделенной из спонтанной микрофлоры. М.: ВИНТИ. 2014:1-124.
 6. Сборник технологических инструкций, правил и нормативных материалов по виноделческой промышленности / Под ред. В.А. Загоруйко, А.Я. Яланецкого. Том I. Симферополь: Таврида. 2014:1-544.
 7. Зайчик Ц.Р. Технологическое оборудование винодельческих предприятий. М: ИНФРА-М. 2016:1-496.
 8. Pozo-Bayon M. Angeles, Moreno-Arribas M. Victoria. Sherry wines. *Food and Nutrition Research*. 2011;63:18-35. DOI 10.1016/B978-0-12-38492.
 9. Червяк С.Н. Влияние зеркала хересной пленки на окислительно-восстановительные процессы при хересовании // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021;67:1:375-384.
 10. Танащук Т.Н., Иванова Е.В., Кишковская С.А., Шаламитский М.Ю., Луткова Н.Ю., Загоруйко В.И., Семенова К.А. Каталог промышленных штаммов дрожжей для виноделия. Симферополь: ИП Корниенко А.А. 2024:1-52.
 11. Гержилова В.Г., Аникина Н.С., Гниломедова Н.В., Червяк С.Н., Весютова А.В., Ермихина М.В., Рябинина О.В. Технохимический контроль в современном виноделии. Краткий курс. Методические рекомендации. Симферополь: Полипринт. 2023:1-104.
- ### References
1. Kosyura V.T., Donchenko L.V., Nadykta V.D. *Fundamentals of winemaking: a textbook for universities*. M.: U-write Publishing. 2024:1-422 (in Russian).
 2. Tagiev A.T., Fataliev H.K. The study on the production of sherry wines in Azerbaijan. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2020;4:48-54 (in Russian).
 3. Gerzhikova V.G., Chervyak S.N. Biochemical transformations during biological aging of sherry-type wine materials. *Viticulture and Winemaking: Collection of Scientific Works of the Institute Magarach*. 2015;45:92-94 (in Russian).
 4. Roldán A., Palacios V., Caro I., Pérez L. Evolution of resveratrol and piceid contents during the industrial winemaking process of sherry wine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010;58(7):4268–4273. DOI 10.1021/jf9038666.
 5. Tkachenko D.G., Ageeva N.M., Markosov V.A. Improving the technology for the production of sherry-type wines using a new yeast race Kubanskaya, isolated from spontaneous microflora. M.: VINITI. 2014:1-124 (in Russian).
 6. A collection of technological instructions, rules and regulatory materials on the wine industry. Edited by V.A. Zagorouiko, A.Ya. Yalanetsky. Volume I. Simferopol: Tavrida. 2014:1-544 (in Russian).
 7. Zaychik Ts.R. *Technological equipment of wineries*. M: INFRA-M. 2016:1-496 (in Russian).
 8. Pozo-Bayon M. Angeles, Moreno-Arribas M. Victoria. Sherry wines. *Food and Nutrition Research*. 2011;63:18-35. DOI 10.1016/B978-0-12-38492.
 9. Chervyak S.N. Influence of the sherry film mirror on redox processes during wine sher-rization. *Fruit Growing and Viticulture of South Russia*. 2021;67(1):375-384. DOI 10.30679/2219-5335-2021-1-67-375-384 (in Russian).
 10. Tanashchuk T.N., Ivanova E.V., Kishkovskaya S.A., Shalamitsky M.Yu., Lutkova N.Yu., Zagorouiko V.I., Semenova K.A. Catalogue of industrial yeast strains for winemaking. Simferopol: IP Korniyenko A.A. 2024:1-52 (in Russian).
 11. Gerzhikova V.G., Anikina N.S., Gnilomedova N.V., Chervyak S.N., Vesjutova A.V., Ermikhina M.V., Ryabinina O.V. *Technochemical control in modern winemaking. Short course. Methodological recommendations*. Simferopol: Polyprint. 2023:1-104 (in Russian).

Информация об авторах

Антон Владимирович Сильвестров, канд. тех. наук, вед. науч. сотр., заведующий лабораторией технологического оборудования и механизации сельского хозяйства; e-мэйл: asilvestr12@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7360-5794>;

Наталья Борисовна Чаплыгина, науч. сотр. лаборатории технологического оборудования и механизации сельского хозяйства; e-мэйл: 79788411864@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4416-4843>;

Виктор Афанасьевич Загоруйко, д-р техн. наук, профессор, чл. кор. НААН, гл. науч. сотр., зав. лабораторией коньяка; e-мэйл: vikzag51@gmail.com; [https:// orcid.org/0000-0002-1350-7551](https://orcid.org/0000-0002-1350-7551);

Елена Владимировна Иванова, канд. тех. наук, вед. науч. сотр. лаборатории микробиологии; e-мэйл: lenochka_ivanova_58@mail; <https://orcid.org/0000-0001-5989-6604>;

София Николаевна Червяк, канд. тех. наук, ст. науч. сотр. лаборатории микробиологии; e-мэйл: Sofi4@list.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9551-7448>;

Людмила Алексеевна Мишунова, мл. науч. сотр. лаборатории технологического оборудования и механизации сельского хозяйства; e-мэйл: mil_25@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6804-8842>.

Information about authors

Anton V. Silvestrov, Cand. Techn. Sci., Leading Staff Scientist, Head of the Laboratory of Process Equipment and Mechanization of Agriculture; e-mail: asilvestr12@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7360-5794>;

Nataliya B. Chaplygina, Staff Scientist, Laboratory of Process Equipment and Mechanization of Agriculture; e-mail: 79788411864@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4416-4843>;

Victor A. Zagorouiko, Dr. Techn. Sci., Professor, Corresponding Member of the NAAS, Chief Staff Scientist, Head of the Laboratory of Cognac and Brandy; e-mail: vikzag51@gmail.com; [https:// orcid.org/0000-0002-1350-7551](https://orcid.org/0000-0002-1350-7551);

Elena V. Ivanova, Cand. Techn. Sci., Leading Staff Scientist, Laboratory of Microbiology; e-mail: lenochka_ivanova_58@mail; <https://orcid.org/0000-0001-5989-6604>;

Sofia N. Chervyak, Cand. Techn. Sci., Senior Staff Scientist, Laboratory of Microbiology; e-mail: Sofi4@list.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9551-7448>;

Lyudmila A. Mishunova, Junior Staff Scientist, Laboratory of Process Equipment and Mechanization of Agriculture; e-mail: mil_25@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6804-8842>.

Статья поступила в редакцию 15.11.2024, одобрена после рецензии 17.11.2024, принята к публикации 20.11.2024.