

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
САДОВОДСТВА, ВИНОГРАДАРСТВА, ВИНODEЛИЯ»

На правах рукописи



Аль-Накиб Екатерина Аделевна

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ОРЕХА ГРЕЦКОГО
ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЮЖНОГО СОРТИМЕНТА

Специальность 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель
кандидат биологических наук
Супрун Иван Иванович

Краснодар – 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	12
1.1 Общая характеристика ореха грецкого (<i>Juglans regia</i> L.).....	12
1.2 Происхождение и распространение ореха грецкого	13
1.3 Хозяйственное и экономическое значение культуры.....	14
1.4 Основные достижения в селекции и современный сортимент ореха грецкого в России и мире	15
1.5 Основные селекционно-ценные признаки ореха грецкого	20
1.6 Молекулярно – генетические исследования в изучении генетического разнообразия и селекции грецкого ореха	33
ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	37
2.1 Объекты исследования	38
2.2 Условия проведения исследований	39
2.3 Методики исследований	48
ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	53
3.1 Оценка гибридных форм ореха грецкого по комплексу хозяйственно-ценных признаков	53
3.1.1 Закономерности прохождения фенологической фазы развития «распускание почек» ореха грецкого	54
3.1.2 Особенности прохождения фенологической фазы «цветение» у гибридных форм ореха грецкого	60
3.1.3 Изучение особенностей признака «тип цветения» гибридных форм ореха грецкого	65
3.1.4 Изучение элементов продуктивности гибридных форм ореха грецкого	70
3.1.5 Оценка сроков созревания плодов и периоды вегетации гибридных форм ореха грецкого	83
3.2 Оценка устойчивости гибридных форм ореха грецкого к биотическим и абиотическим факторам среды	88
3.2.1 Устойчивость растений ореха грецкого к основным патогенам.....	88
3.2.2 Изучение элементов засухоустойчивости гибридных форм ореха грецкого.....	96
3.3 Техническая оценка плодов ореха грецкого.....	102
3.4 Биохимический состав плодов ореха грецкого	120
3.5 Генетическое разнообразие и структура селекционного генофонда <i>J. Regia</i>	136
3.6 Перспективные гибридные формы, обладающие селекционно-ценными признаками.....	147

3.7 Оценка экономической эффективности возделывания перспективных форм ореха грецкого	151
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	154
РЕКОМЕНДАЦИИ СЕЛЕКЦИИ.....	157
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	158
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	159
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	191

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследований. Орех грецкий (*Juglans regia* L.) – ценная орехоплодная культура. В коммерческих целях выращивание данной культуры развито более, чем в 35 странах мира. По совокупности хозяйственно-ценных признаков орех грецкий занимает особое место среди орехоплодных культур, что обусловлено, в первую очередь, ценностью его плодов, уникальными качествами древесины и широким экологическим диапазоном произрастания.

Промышленное производство плодов ореха грецкого в России слабо развито, подавляющая часть насаждений сконцентрирована в крестьянско-фермерских хозяйствах и личных подсобных хозяйствах. Однако имеются положительные тенденции по закладке промышленных садов на Юге России, так как климатические условия региона хорошо подходят для возделывания грецкого ореха. При этом стоит отметить, что большинству существующих насаждений ореха грецкого представлены зарубежными сортами, которые в силу слабого уровня адаптивности к неблагоприятным условиям среды не всегда полностью реализуют свой биологический потенциал, что приводит к снижению урожайности или качества плодов. Однако они имеют конкурентное преимущество в сравнении с большинством отечественных сортов – повышенный потенциал продуктивности (до 4-4,5 т/га), высокий уровень качества плодов, включая массу ореха (более 13-15 грамм при выходе ядра 50-60 %) и светло-соломенный цвет ядра. Большинство имеющихся отечественных сортов уступают по продуктивности зарубежным сортам в виду отсутствия или слабой выраженности бокового плодоношения. Кроме того, для отечественного сортимента высокой актуальностью является наличие крупноплодных сортов с массой ореха от 13-14 грамм.

В связи с этим в целях повышения конкурентоспособности отечественных сортов по отношению к сортам зарубежной селекции необходимо обновление сортимента новыми высокопродуктивными сортами, адаптированными к местным агроклиматическим условиям и обладающими высоким качеством плодов.

Работа выполнена в ФГБНУ СКФНЦСВВ в соответствии с тематическим планом НИР, номер государственной регистрации – 122042900016-1; в рамках научного проекта Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МПИ-24.1/14 «Формирование селекционного генофонда ореха грецкого для создания сортов с улучшенным жирнокислотным составом плодов: фенотипическая оценка и анализ генетической структуры».

Состояние разработанности темы. В последние десятилетия, накопление генетических ресурсов, а также сочетание классических методов гибридизации, оценки и отбора с современными подходами молекулярной генетики привело к существенному развитию селекции ореха грецкого.

Фундаментальные основы культуры ореха грецкого в России заложены трудами А.А. Рихтера, А.А. Ядрова (1985), Ф.Л. Щепотьева (1985), чьи работы охватывают вопросы биологии, массового размножения и лесных орехоплодных культур.

Значительный вклад в изучение адаптационного потенциала культуры внесли А.Ф. Зарубин (1976), М.К. Улюкина (1975, 1981), М.М. Вересин (1970), исследовав возможности интродукции, апомиксима и отдаленной гибридизации, П.П. Бадалов (1971, 1983, 1987) разработал методы гибридизации. Впоследствии их работа продолжена В.А. Славским (2018, 2019, 2023) в аспекте оценки зимостойкости. Вопросы оптимизации оценки качества плодов и моделирования модели сорта детально освещены в работах Ю.И. Сухоруких и С.Г. Бигановой (2001, 2002, 2010, 2015, 2020, 2022).

В области селекции и сортоизучения ореха грецкого в условиях Юга России одним из ведущих является коллектив ученых-селекционеров из ФГБНУ СКФНЦСВВ. Основоположник направления А.А. Петросян и его последователь А.П. Луговской (1995, 2005, 2009, 2010, 2017, 2018, 2019, 2020, сформировали современный сортимент, адаптированный к условиям региона, с акцентом на признак латерального плодоношения. На сегодняшний день в работе коллектива интегрированы традиционные методы с молекулярно-генетическим анализом. Проводится комплексная оценка местных популяций и селекционных форм, а

также изучение биохимического состава ореха грецкого: Suprun (2018, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025), Khokhlov (2019, 2025), Балапанов (2018), Артюхова (2021, 2022, 2023, 2024, 2025).

Международные селекционные программы, инициированные в середине XX века в США (Д. Серр, Х. Форд) и Франции (Э. Жермен), ориентированы на создание высокоурожайных сортов с латеральным типом плодоношения и поздним сроком распускания почек (Germain, 1990; Tulecke, 1994). В последние два-три десятилетия особую актуальность, наряду с вышеуказанными признаками, приобрела селекция на высокое качество плодов: Akça (2014), Sütyemez (2016), Panahi (2022), Ahir (2025), Vahdati (2019), Bernard (2018), а также оценка генетического разнообразия с помощью молекулярных маркеров для изучения структуры генофонда в различных регионах мира, определения происхождения и генетических связей популяций (Aradhya 2006, 2007, Pollegioni 2009; 2017, Shah 2022; 2025, Xie 2025).

Цель исследований: провести оценку гибридных форм ореха грецкого из генофонда Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия (СКФНЦСВВ) по комплексу хозяйственно-ценных признаков, а также с помощью молекулярно-генетических методов и выделить образцы, перспективные для использования в селекционной работе и обновления сортимента.

Задачи исследований:

1. Установить сроки прохождения фенологических фаз в годичном цикле развития форм ореха грецкого и выделить образцы, наиболее адаптивные к природно-климатическим особенностям Краснодарского края.
2. Оценить урожайность изучаемых образцов в течение нескольких лет и выделить формы ореха грецкого, показавшие наиболее высокий уровень продуктивности.
3. Проанализировать плоды, изучаемых образцов ореха грецкого по морфометрическим и органолептическим признакам, а также биохимическим

показателям и выделить формы, имеющие высокие характеристики качества плодов.

4. Определить наиболее перспективные образцы, имеющие комплекс селекционно-ценных признаков (продуктивность, высокое качество плодов, позднее начало вегетации, крупноплодность и т.д.) для дальнейшего их использования в создании сортов нового поколения.

5. Определить уровень генетического разнообразия генофонда ореха грецкого из коллекции генетических ресурсов СКФНЦСВВ, установить генетические взаимосвязи с сортами отечественной и зарубежной селекции. на основе анализа полиморфизма SSR-маркеров.

Научная новизна:

- получены новые знания о биологических и биохимических характеристиках гибридных форм ореха грецкого в условиях Прикубанской зоны Краснодарского края, включая фенологию развития, засухоустойчивость, устойчивость к патогенам (марсонииозу, бактериозу) и биохимический состав плодов, включая жирнокислотный состав;

- впервые проведен анализ полиморфизма микросателлитных локусов изучаемых гибридных форм ореха грецкого из коллекции СКФНЦСВВ и установлена их связь с отечественными и зарубежными сортами, а также генетическая структура изученной выборки селекционного генофонда;

- разработаны рекомендации по скрещиванию гибридных форм на основе генетического разнообразия и фенотипических характеристик, что обеспечивает увеличение гетерозисного потенциала, повышение уровня генетической гетерогенности генофонда и создание сортов с улучшенным качеством плодов и устойчивостью к стрессовым факторам;

- получены данные о жирнокислотном составе плодов и выделены образцы, наиболее ценные по признаку «содержание полиненасыщенных жирных кислот»

- выделены новые перспективные гибридные формы ореха грецкого с комплексом биологических и хозяйственно ценных признаков (позднее цветение/вегетация, устойчивость к стрессам, высокое качество плодов,

регулярное плодоношение) для расширения и улучшения сортимента ореха грецкого в Южном регионе России.

Теоретическая значимость:

- получены знания о закономерностях прохождения фенологических фаз перспективных гибридных форм ореха грецкого в условиях Краснодарского края, адаптивности к стрессовым факторам среды, урожайности;

- получены знания о генетической структуре генофонда ореха грецкого из коллекции ФГБНУ СКФНЦСВВ и его взаимосвязях с мировым генофондом данной культуры.

Практическая значимость:

- предложен новый ценный исходный и селекционный материал из гибридных форм для создания сортов с повышенным качеством плодов, а также с признаками, формирующими продуктивность в условиях Северо-Кавказского региона на основе комплексной фенотипической оценки и молекулярно-генетических методов;

- ДНК-паспорта перспективных форм ореха грецкого из коллекции генофонда ФГБНУ СКФНЦСВВ.

Методология и методы исследований основана на применении комплексного подхода к решению задач, поставленных в диссертационном исследовании. В работе применялись общепринятые полевые и лабораторные методы исследований, использовались современные методы обработки данных.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Комплексная оценка гибридных форм ореха грецкого из коллекции СКФНЦСВВ позволяет выделить перспективные гибридные формы – источники селекционно-ценных признаков (позднее распускание почек, крупноплодность, засухоустойчивость, устойчивость к патогенам и раннее созревание плодов), адаптированные к условиям Краснодарского края, представляющие ценность для обновления и расширения отечественного сортимента.

2. Анализ полиморфизма SSR-маркеров, создание ДНК-паспортов перспективных образцов и установление генетических взаимосвязей гибридов с

отечественными и зарубежными сортами обеспечивают научную основу для селекционного процесса.

3. Разработка базы данных жирнокислотного состава плодов и выделение форм с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот создают предпосылки для создания сортов с улучшенным качеством плодов.

4. Выявленные биологические особенности позволяют подобрать наиболее перспективные родительские пары для селекции.

Степень достоверности и обоснованность многолетних результатов исследования, представленных выводов и рекомендаций подтверждается значительным объемом экспериментальных материалов, собранных в ходе многолетних полевых и лабораторных исследований; применением апробированных методик и современных программных средств для статистической обработки данных (MS Excel, Statistica 6.0, Past, Structure); корректной интерпретацией результатов, основанной на методах математической статистики; согласованность выводов с полученными данными и их практической значимостью для селекции сельскохозяйственных растений; публикации в научных изданиях, отражающих основные результаты диссертационного исследования.

Апробация. Основные положения диссертационной работы заслушаны и одобрены на заседаниях методического совета ФНЦ «Растениеводство и земледелие» и Ученого Совета ФГБНУ СКФНЦСВВ в 2022-2025 гг. Также материалы представлены на международных, всероссийских и региональных научно-практических конференциях:

1 IV Ежегодная отчетная конференция грантодержателей Кубанского научного фонда. Сочи, 15. 05–17.05.2023 г.

2. XIII-я международная научно-практическая конференция молодых ученых «Совершенствование способов управления технологическими процессами в садоводстве и виноградарстве» Краснодар, 24.08.2023 г.

3. Всероссийская научно-практическая конференция Кубанского отделения ВОГиС «Генетический потенциал сельскохозяйственных растений и его реализация в селекции, семеноводстве и размножении» Краснодар, 14.02.2024 г.

4. V Ежегодная отчётная конференция грантодержателей Кубанского научного фонда», Сочи, 29.05–31.05 2024 г.

5. VI Ежегодная отчетная конференция грантодержателей Кубанского научного фонда», г.-к Анапа, 30.05-01.06.2025 г.

6. Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции науки и образования в области виноградарства и виноделия», г. Ялта, 10.09.2025 г.

7. V Вавиловская международная конференция: к 135-летию со дня рождения Н.И. Вавилова. г. Санкт-Петербург, 21.11-25.11.2022 г.

8. Всероссийская конференция «Генетические ресурсы растений для генетических технологий», г. Санкт-Петербург, 26.06-27.06. 2023 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 14 печатных работ, в том числе 5 в изданиях перечня ВАК Минобрнауки РФ, 1 база данных в соавторстве.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 207 страницах и состоит из введения, 3 глав, заключения, рекомендаций к селекции, перспектив развития темы, списка использованных источников. Список использованных источников включает 289 наименований, в том числе 198 на иностранном языке. Диссертация содержит 35 таблиц, 51 рисунок, 12 приложений.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю – заведующему ФНЦ «Селекции и питомниководства», кандидату биологических наук Супруну Ивану Ивановичу за научно-методическое руководство работой и содействие в выполнении работы, постановку цели и задач, выбор темы диссертации. Автор благодарит младшего научного сотрудника селекционно-биотехнологической лаборатории Степанова И.В. за помощь в проведении молекулярно-генетического анализа. Автор признателен заведующему производственно-лабораторного подразделения «Центр компетенций», кандидату сельскохозяйственных наук Оплачко Р. А. и коллективу селекционно-

биотехнологической лаборатории в лице Авакимян А. О. и Степанову И. В. за помощь в организации и сборе плодов изучаемых форм ореха грецкого в период их созревания.

ГЛАВА 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Общая характеристика ореха грецкого (*Juglans regia* L.)

Орех грецкий (*Juglans regia* L.) принадлежит к роду *Juglans* семейства *Juglandaceae* [244]. В роду *Juglans* насчитывается около 20 видов, среди которых обыкновенный орех грецкий является самым распространенным и широко культивируемым видом [211]. Он представляет собой листопадное однодомное дерево, высота которого около 15-30 м. Крона куполо- или шарообразной формы, мощная, плотная и густая. Плод ореха грецкого состоит из зеленого сочного околоплодника (перикарпа), который по мере созревания плода темнеет, засыхает и растрескивается, освобождая эндокarp [54]. Он в свою очередь состоит из твердой скорлупы, защищающей ядро от механического повреждения и проникновения вредителей и внутреннего кожистого слоя. Ядро расположено внутри скорлупы и состоит из двух семядолей, разделенных перегородками. Ядро покрыто тонкой пленчатой оболочкой, содержащей различные дубильные вещества, придающие ядру ореха вкус легкой терпкости. Ядро прикреплено к скорлупе только у основания плода, где через проводящие пучки, соединяется с плодоножкой и веткой дерева. Все признаки плода, включая его форму (шаровидная, овальная, удлинненно-вытянутая), форму верхушки и основания, толщина скорлупы, структура скорлупы, окраска кожистой оболочки ядра (соломенно-желтая, коричневая), легкость извлечения ядра из скорлупы, выполненность орехов являются сортовыми признаками [88].

Орех грецкий относится к теплолюбивым растениям. Для оптимального роста и плодоношения ему требуется сумма активных температур не менее 2000 °С, продолжительность безморозного периода не менее 150 дней. Размещение деревьев желательно на хорошо прогреваемых, защищенных от холодных и иссушающих ветров, пахотных землях, где мала вероятность заморозков после начала цветения. Годовая норма осадков для ореха грецкого не более 900 мм и не менее 600 мм течение вегетационного периода. Если осадков менее 600 мм

необходимо искусственное орошение. Орех грецкий достаточно чувствителен к экстремальной жаре и продолжительной засухе. Повышение температуры воздуха в летний период выше 37 °С при дефиците влаги в почве вызывает преждевременное осыпание плодов, а также снижение уровня выполненности ядра. Оптимальные температуры воздуха для развития ореха грецкого находятся в пределах +20 – +30 °С. Почвы предпочитает глубокие плодородные, не переносит застоя воды. Грунтовые воды под насаждениями должны залегать на глубине более 1,5 м. При более высоком уровне грунтовых вод вегетация ореха грецкого затягивается до глубокой осени, вследствие чего он часто подмерзает. Оптимальными являются почвы с нейтральной и слабощелочной реакцией. Засоление более 0,5 % угнетает ореховые деревья, снижает продуктивность и может привести к гибели. Орех грецкий – светолюбивая культура, которая хорошо развивается лишь в условиях достаточного освещения [41].

1.2 Происхождение и распространение ореха грецкого

Орех грецкий – одно из древнейших окультуренных растений, считается неогеновым реликтом третичных лесов Евразии [107; 205; 216]. Его история насчитывает тысячелетия использования, а затем и выращивания. Согласно современным исследованиям, виды рода *Juglans* появились около 47-65 млн лет назад в Евразии [138; 147; 233]. Представители рода *Juglans* найдены в остатках мелового периода [245]. Предполагаемым центром происхождения ореха грецкого считаются горные районы Центральной Азии (современные территории Ирана, Афганистана, Таджикистана, Узбекистана, Гималаев, Кыргызстана) [218]. В Европе, впервые, следы *Juglans regia* L. обнаружены в четвертичных туфах Прованса. Позднее древние отложения пыльцы встречались в Северной Италии, на юге Испании, Франции, Швейцарии, Болгарии, Греции, Турции в отложениях плейстоцена (126 тыс-12 тыс лет назад [204]. В конце третичного и в начале четвертичного периода орех грецкий естественно произрастал по всей территории Европы и Азии [72]. Наиболее вероятной в настоящее время считается гипотеза, что в результате последнего оледенения, произошла фрагментация среды обитания

J. regia и образованию рефугиумов, где орех грецкий выжил и рос в почти полностью изолированных насаждениях в Азии от провинции Синьцзян на западе Китая до Кавказа распространяясь через Центральную Азию распространяясь таким образом вторично [116; 170; 204; 243]. Изоляции естественных популяций способствовали горы Тянь-Шань и Гималаи, которые послужили барьером для распространения ореха грецкого.

Распространению грецкого ореха послужила деятельность людей [103; 272], которые способствовали продвижению грецкого ореха по всей Азии и в новые места обитания посредством торговли и культурной экспансии. В Европе орех грецкий был культивирован ещё в 1000 году до н.э. [152].

Современный ареал естественного произрастания ореха грецкого затрагивает также и горные районы юго-восточной Европы (Карпаты), западно-центральной Азии, Кавказа (Азербайджан, Армения, Грузия, Восточная Турция) [106; 189; 211].

1.3 Хозяйственное и экономическое значение культуры

Орех грецкий – экономически важная культура, культивирование которой распространено в странах умеренного климата [283]. Орех грецкий считается одним из четырех наиболее потребляемых орехов [241]. Он успешно выращивается в Иране, США, Северной Индии, Центральной Америке, Китае, Турции. Более, чем в 10 странах (Китай, США, Иран, Турция, Франция, Мексика, Италия, Испания и т.д.) выращивание этой культуры развито на уровне широкомасштабного коммерческого возделывания. За последнее десятилетие мировое производство ореха грецкого выросло с 1,54 млн тонн в скорлупе (634,577 млн тонн очищенного ореха) в 2014/15 году до 2,67 млн тонн в 2023/2024 году. Китай занимает лидирующую позицию, составляя 50 % от общего производства (594 тыс. тонн очищенного ядра), США занимает второе место в производстве ореха грецкого, составляя 28 % (327,9 тыс. тонн). [164] Различные части ореха грецкого находят широкое и многообразное практическое применение: от пищевой до фармакологической промышленности. Первостепенное значение имеет пищевая ценность плодов ореха грецкого [286]. Известно, что плоды ореха грецкого

обладают исключительными качественными характеристиками, обусловленными их химическим составом. Диетологи рекомендуют включать в свой рацион плоды ореха грецкого, так как в нем не обнаружено содержание холестерина, и он богат жирными кислотами омега-3 [114]. Благодаря своему богатому химическому составу (омега-3, витамин Е, витамины группы В, магний, железо [222]), орех полезен для мозга, сердца, иммунитета и используется в диетическом питании. Древесина ореха грецкого также высоко ценится в промышленности при изготовлении мебели и столярных изделий [125; 282]. Околоплодник ореха грецкого содержит юглон, который является природным антибиотиком и антиоксидантом [190]. Даже скорлупа ореха грецкого находит свое применение в промышленности. Например, измельченная скорлупа используется как абразив для полировки металлов [241], компонент фильтров [214]. Древесина ореха грецкого ценится в мебельном производстве благодаря текстуре и прочности. Из древесины ореха грецкого изготавливают паркет, музыкальные инструменты, предметы роскоши.

Таким образом, орех грецкий представляет собой ценную хозяйственную культуру, выращиваемую во всем мире, плоды которого высоко ценятся за их питательные характеристики, что определяет цели ее селекции. Для удовлетворения растущего рыночного спроса, адаптации к различным агроклиматическим условиям и повышения рентабельности производства современная селекция ореха грецкого ведется по нескольким направлениям.

1.4 Основные достижения в селекции и современный сортимент ореха грецкого в России и мире

Селекция ореха грецкого традиционно опирается на методы отбора из местных популяций и гибридизацию. В условиях естественного генетического разнообразия (например, на Кавказе и в Средней Азии) отбор ценных форм являлся и остается эффективными способами выделения ценных генотипов с комплексом хозяйственно-ценных признаков [89]. Однако данный вид отбора не позволяет комбинировать желаемые признаки, поэтому искусственная гибридизация

является основным методом создания нового сортимента. Ее эффективность зависит от правильного подбора родительских пар, что требует глубокого изучения исходного материала. Именно развитие методов искусственной гибридизации с научным подходом к подбору родительских пар заложило основу для перехода от стихийного отбора к планомерной, целенаправленной селекционной работе.

Систематическая селекция ореха грецкого была начата лишь в XX веке. Первая официальная селекционная программа по выведению новых сортов ореха грецкого началась в Калифорнии (США) в 1948 Ю. Серром и Г. Фордом с целенаправленных скрещиваний французских сортов с калифорнийскими сортами, такими как «Rain» [94]. Сорт Chandler (выпущен в 1979 г.) доминирует в промышленных посадках. Характеризуется боковым плодоношением, поздним распусканием почек, очень светлым ядром. Сорта Howard и Tulare также широко распространены и обладают высокой урожайностью и качеством. Современные сорта Ivanhoe, Solano, Durham (выпущены в 2010-2016 гг.) обладают очень светлым ядром и сверххранним сроком сбора плодов. С 1950-х по 1980-е многие страны начали развивать свои программы селекции. Так, в Венгрии до 1950-х годов велась интродукция французских сортов, размножаемых семенным способом. Однако, после 1950-х селекционеры начали проводить контролируемые скрещивания, благодаря чему выведен ряд сортом адаптированных к местным агроклиматическим условиям [124]. В Турции сорта ореха грецкого в основном отличаются ранним распусканием листьев и верхушечным плодоношением. Первые работы по селекции начались с 1971 года в результате чего было отобрано около 20 ценных форм включая Yalova 1, Yalova 3, Bilecik, Şebin. С конца 1980-х начал проводиться отбор форм, сочетающих латеральное плодоношение, позднее распускание почек, позднее цветение и устойчивость к болезням [97; 98]. С 2000-х годов запущена новая программа селекции с упором на качественные характеристики сортов, в том числе массу ядра и толщину скорлупы. В 2009 году выпущено три сорта Maras 18, Sütyemez 1, Kaman 1 [264]. Китай обладает богатым генетическим разнообразием (более 800 идентифицированных форм) и ведет масштабную селекционную работу. Ляонинский институт экономического

лесоводства запустил программу по селекции ореха грецкого в 1959 году. Были поставлены конкретные цели такие как скороспелость и высокая урожайность, адаптация к регионам, подверженным заморозкам. Здесь создано множество сортов, таких как Bofeng, Bokexiang, Zha343, Luguang, Xiangling, Hanfeng, Wen185, серии сортов Jinboxiang, Zhongling, Jinlong, Luguo, Yangza No.1 Yangza No.2 hao. Данные сорта устойчивы к болезням ореха грецкого, разработаны для теплых и влажных районов, высокоурожайны, с ранним созреванием плодов [255; 289]. Во Франции ученые впервые начали отбирать и прививать лучшие формы ореха грецкого, в результате чего появились такие классические сорта как Franquette (около 70 % производства орехов во Франции приходится на этот сорт), полученный еще в 1800-х годах. Первая селекционная программа проводилась с 1977 по 1995 гг. под руководством Э. Жермена. В рамках программы провели 28 скрещиваний. В качестве материнских растений использовали французские сорта с поздним распусканием почек и высоким качеством плодов (Franquette, Marbott), а в качестве отцовских – сорта с боковым плодоношением, включая калифорнийские (Pedro, Chandler). В результате данной работы появилось несколько новых сортов: Fernette и Fernor, Ferjean, Feradam, Ferbel и т.д. Вторая программа развернулась с 1996 по 2007 гг. Современные французские сорта отличаются латеральным плодоношением, поздним распусканием почек, высокой урожайностью [94]. В Иране национальная программа по селекции была запущена в 1983 году на основе отбора из местных семенных популяций в разных регионах и сравнения с зарубежными сортами. Получены новые сорта, например Jamal, Damavand и др. [148].

В итоге к началу XXI века в основных странах-производителях (США, Китай, Франция, Иран, Турция и т.д.) сформировались общие цели для селекции, к которым относятся высокая и регулярная урожайность (часто за счет бокового плодоношения), качество плодов, даты фенологических фаз развития (позднее распускание почек, раннее начало созревания плодов, короткий период вегетации), устойчивость к патогенам.

В последние десятилетия произошел сдвиг в сторону молекулярной селекции и геномики. Секвенирование генома ореха грецкого обеспечило научную основу для разработки маркеров [181]. На сегодняшний день сочетание традиционных селекционных методов с молекулярными (GWAS-анализом, маркер-опосредованной селекцией, генотипированием и т.д.) активно используется для изучения генофонда и создания новых сортов.

Селекция ореха грецкого в СССР делала упор на масштабную научно-практическую деятельность, направленную на расширение ареала культуры, повышение ее продуктивности и адаптации к почвенно-климатическим условиям [18-20; 48; 81-83, 89]. Основными научными направлениями селекции стали: усиление зимостойкости и морозоустойчивости для интродукции в северные и континентальные регионы, увеличение размеров плода и выхода ядра, создание тонкокорых и десертных форм с высокими вкусовыми качествами и легкостью извлечения ядра, выведение поздноцветущих форм, повышение общей устойчивости к болезням и вредителям [55]. В Советском союзе культура ореха грецкого была широко распространена в Ростовской области, Ставропольском крае, Краснодарском крае и на Северном Кавказе. Селекционная работа концентрировалась в регионах с естественными насаждениями и благоприятными условиями для культуры. Под руководством селекционера Щепотьева Ф.Л. был создан ряд сортов: Советский космос, Степной великан, Бумажный ранний, Голоядерный [89]. В Крыму значительный вклад в создание тонкокорых сортов внес Рихтер А.А. [61]. В настоящее время селекция ореха грецкого в Крыму развивается под руководством Хохлова С.Ю. [33-35]. Наиболее известными крымскими сортами являются Никитский 36, Новиков, Оригинальный 67, Памяти Пасенкова, Пионер Крыма, Подарок Валентины [52]. В Молдавии селекционные программы, возглавляемые Дорофеевым П.П. были ориентированы на получение адаптированных к местным условиям сортов Молдавская бомба, Чебану, Спейский. И.Г. Колманич выделил здесь высокоурожайные и морозоустойчивые формы с выходом ядра более 50 % [89].

В Средней Азии селекция была нацелена на использование местного генофонда и адаптацию к резко континентальному климату. В Узбекистане Калмыков С.С. вывел сорт Идеал. В Таджикистане Караев И.Г. создал сорта Гиссарский-7 и Талжикский-17, а в Киргизии Зарубин А.Ф. работал над тонкокорыми и десертными сортами [32]. Важную роль в продвижении культуры ореха грецкого сыграли работы Озола А.М. в Москве, показавшего возможность успешной интродукции и плодоношения ореха в условиях средней полосы [48]. На Северном Кавказе и в Краснодарском крае Сергеенков Ф.И. создал сорта Краснополянец-1 и Аибговец-3, Тхагушев Н.А. вывел несколько сортов, в том числе Краснодарский, Кубанский и Краснодарский скороплодный. В Ставрополье Кузнецов П.В. представил сорт Ставропольский крупный [89].

Целенаправленная работа по селекции ореха грецкого в южной зоне садоводства впервые начата Северо-Кавказским научным центром садоводства, виноградарства и виноделия (ранее СКЗНИИСиВ) в начале 60-х годов XX века [57-59]. Одним из основоположников научной школы селекции и сортоизучения орехоплодных культур на Северном Кавказе стал Петросян А.А., чья многолетняя работа заложила методологический и практический фундамент ореховодства на Юге России. Были проведены широкомасштабные экспедиционные обследования семенных насаждений ореха грецкого в зоне Северного Кавказа, в результате которых собран ценный генофонд, представляющий большой интерес для селекции, ряд лучших форм предложен для непосредственного включения в производство. Мобилизация растительных ресурсов ореха грецкого послужила основным исходным материалом для использования в селекционной работе и создания сортов, из которых впервые был сформирован сортимент ореха грецкого Краснодарского края. Результатом стал отбор 85 перспективных форм, из которых были выделены первые восемь сортов: Десертный, Динской, Кубанский, Масленичный, Первомайский, Протока, Совхозный, Урожайный. Три из них в 1964 году были включены в Государственный реестр селекционных достижений. С 1973 года работу продолжил Луговской А.П., под руководством которого выведены сорта Дачный, Заря Востока, Надежда, Пелан, Овен, Родина [37-46; 71]. В

настоящее время СКФНЦСВВ ведется активная работа по усовершенствованию сортов ореха грецкого [2-17; 31; 49-53; 73-75]. Весомый вклад в развитие селекции и сортоизучения ореха грецкого на Юге России внесли Ю.И. Сухоруких и С.Г. Биганова благодаря работам по созданию и усовершенствованию методик оценки качества плодов, что позволяет более эффективно отбирать перспективные формы для селекции [22-24; 60; 76-80].

На сегодняшний день в Реестр селекционных достижений включено 36 сортов. Основными оригинаторами сортов ореха грецкого в России являются: ФГБУН «Ордена трудового красного знамени Никитский ботанический сад-Национальный научный центр РАН» (например, сорт Карлик 3, на возделывание которого выдана лицензия) и ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (сорта Аврора, Дачный, Заря Востока, Любимый Петросяна, Надежда, Овен, Пелан, Родина, Урожайный). Проанализировав патентные источники, можно сделать вывод, что представленные в Госреестре сорта обладают рядом недостатков, например, сорта Аркад, Альминский, Дачный, Памяти Пасенкова, Конкурсный имеют среднюю массу плода до 10-11 г, хотя на данный момент одна из задач селекции – выведение крупноплодных сортов (согласно «Программе и методике сортоизучения...» масса ореха должна быть более 12 г). Также можно отметить отсутствие сортов с выраженным высоким уровнем латерального плодоношения, хотя это важный признак, влияющий на продуктивность сортов. Латеральные формы дают большую нагрузку плодов на дереве, что повышает урожайность сорта.

Очевидно, что задача современной селекции состоит в усовершенствовании существующего сортимента ореха грецкого за счет создания новых сортов, превосходящих по своей хозяйственной ценности районированные сорта.

1.5 Основные селекционно-ценные признаки ореха грецкого

Качественные характеристики плодов

Плод ореха грецкого состоит из мясистого наружного околоплодника, называемого перикарпом, который содержит дубильные вещества (таннины,

юглон), а также витамины С и Р, что делает незрелый плод ценным материалом для использования в пищевой промышленности. Другая часть плода— эндокарп, состоящий из скорлупы и ядра с зародышем [89; 248]. Плоды ореха грецкого должны отвечать требованиям современного рынка и интересам потребителей. Морфометрическая оценка является основополагающим методом определения качества плодов ореха грецкого, позволяющим отбирать перспективные формы для использования в селекционных программах. В первую очередь это должны быть крупные, округлые орехи со светлой, гладкой скорлупой. Крупноплодными считаются орехи массой от 14 г. Толщина скорлупы влияет на такие характеристики, как транспортабельность и легкость извлечения ядра из скорлупы. Скорлупа должна быть достаточно тонкая, чтобы ядро извлекалось легко, но не повреждалось при транспортировке. Оптимальная толщина скорлупы 0,8 – 1,2 мм [58;59]. Округлость и гладкость, а также сглаженные ребра необходимы в производстве для облегчения механической заготовки и калибровки. Ядро должно иметь светло-соломенную окраску, хорошую выполненность, извлекаться половинками или целиком. Оптимальный вес ядра находится в пределах от 48 % до 55 % от веса ореха. Масса плода и ядра, цвет ядра, процент выхода ядра, являются важными признаками в формировании потребительского спроса [84]. Российскими учеными проводятся исследования по оценке показателей качества плодов ореха грецкого [21; 24; 34; 35; 60; 66; 67; 68; 77;87; 90; 91].

В Северо-Кавказском научном центре садоводства, виноградарства, виноделия активно ведется работа по комплексному изучению и селекции этой культуры [2-17; 31;49-53; 73-75]. Перед селекционерами стоит задача получить зимостойкие скороплодные сорта с поздним сроком цветения, латеральным плодоношением, продуктивностью до 3-3,5 т/га [62-65; 69-71] и высоким качеством плодов.

Химический состав ядер ореха грецкого

Ядро ореха грецкого обладает повышенной пищевой ценностью, благодаря богатому химическому составу (полифенолы, ненасыщенные жирные кислоты – линолевая, линоленовая, олеиновой; также макро- и микроэлементы: фосфор,

магний, железо, селен, цинк и кальций) [122; 187; 248]. Орехи – это важный компонент полезного рациона, так как плоды ореха содержат большое количество питательных веществ, таких как незаменимые жирные кислоты, токоферолы, полифенолы, незаменимые аминокислоты [122; 157; 234; 248]. Ядро плодов имеет высокое содержание масла - до 73,9 %, которое состоит в основном из ненасыщенных жирных кислот [209], 80 % которых составляют полиненасыщенные жирные кислоты, представляющие особую пользу для здоровья человека [266; 275]. Олеиновая, линолевая и линоленовая жирные кислоты являются наиболее распространенными кислотами в масле грецкого ореха. Омега-6 (ω -6) жирные кислоты (линолевая) и Омега-3 (ω -3) жирные кислоты (α -линоленовая) составляют 8-14 % от общего содержания липидов [239]. В последние годы липидный профиль грецких орехов привлек большое внимание ученых рядом биологических свойств и эффектов, способствующих укреплению здоровья [163]. В исследованиях Song показано влияние масла ореха грецкого на противовоспалительную, противоопухолевую, антиоксидантную, иммуномодулирующую, нейропротекторную, кардиопротекторную, антидиабетическую и антигиперлипидемическую активность [105]. Работы, посвященные пользе употребления ореха грецкого в пищу, подтверждают возросшую актуальность данного направления исследований. Положительное влияние потребления ореха грецкого на здоровье человека отмечено во множестве исследований [117; 120; 238; 247; 253; 286]. По мнению ученых, жирные кислоты омега-3 имеют решающее значение для нейропсихологического функционирования. Подобные исследования проводили с целью оценки влияния употребления ядер ореха грецкого среди подростков, в ходе которой наблюдалось повышение внимания, подвижного интеллекта, уменьшение симптомов СДВГ в группе испытуемых, употребляющих орехи грецкие на протяжении 6 месяцев [154; 287]. Исследования показали благотворное воздействие ненасыщенных жирных кислот на липиды крови, снижая уровень холестерина [220; 285]. Также учеными отмечена профилактика диабета и сердечно-сосудистых заболеваний при потреблении ореха грецкого [120], в частности благодаря наличию

полиненасыщенных жирных кислот в составе плодов ореха грецкого отмечено снижение уровня инсулина [207].

В связи с вышеперечисленной пользой ореха грецкого, исследования, направленные на поиск ценных форм и изучение жирнокислотного состава актуальны и проводятся многими учеными в мире. Учеными из Черногории определены образцы, обладающие повышенным качеством плодов (содержание масла, белка), превосходя при этом показатели сортов – контролей Шейново и сорта Расна [168]. Турецкими учеными была проведена оценка 900 образцов из местных семенных популяций по основным фенотипическим признакам, а также по химическому составу ядра, из которых 11 образцов представляют интерес для селекции и были закреплены в генетической коллекции [254]. Также учеными из Турции были проведены исследования по изучению химического состава 27 образцов ореха грецкого из коллекции, в результате которых определены лучшие формы по составу жирных кислот и других нутриентов [93]. Еще одно турецкое исследование было направлено на определение содержания белка, жиров, минералов и жирных кислот в 47 гибридах ореха грецкого [200]. Португальские ученые провели скрининг известных шести сортов по качеству жирнокислотного состава [145]. Исследования по анализу жирнокислотного состава ореха грецкого, отобранного из местных семенных популяций проведены учеными из Испании [128] и Италии [236]. Китайскими учеными проведен анализ липидного состава плодов 16 образцов ореха грецкого [130]. Другое исследование посвящено анализу содержания масла, белков, фенольных соединений, жирнокислотного состава в 26 образцах ореха грецкого из 11 провинций Китая [194]. Состав жирных кислот, содержание токоферолов, фитостеролов и общее содержание фенольных соединений были проанализированы в 32 образцах ореха из трех регионов Китая с определить наиболее ценные формы [129]. Изучением биохимического состава плодов занимаются учёные из многих стран. Основные характеристики, на которые обращают внимание исследователи – это количество жиров, фенольных веществ, зольность, содержание влаги, белков, углеводов, сухих водорастворимых веществ [267]. Ядра ореха грецкого содержат большое количество полифенолов [276].

Плоды ореха грецкого обладают антиоксидантной активностью [246]. Например, ученые из Румынии проанализировали содержание белков, полифенолов, флавоноидов, дубильных веществ, каротиноидов, воды и золы в плодах восьми сортов грецкого ореха [157]. Подобные исследования проведены в рамках работы по определению качественного состава фенольных соединений. Общее содержание фенолов и антиоксидантный потенциал оценили в ядрах, маслах и жмыховых гранулах (остатках маслопресса) различных сортов [234]. Иранскими учеными изучены химический состав и антиоксидантная активность 14 перспективных форм ореха грецкого [235]. Другой группой ученых из Ирана проведен двухлетний анализ биохимического состава девяти перспективных форм, отобранных на севере Ирана [248]. Комплексное исследование по определению фенольных соединений, антиоксидантной активности, общего содержания липидов, насыщенных жирных кислот, ненасыщенных жирных кислот и летучих органических соединений (ЛОС) было проведено для 18 различных сортов этой культуры в Словении [191]. В рамках выполнения селекционных работ, в Турции проведен скрининг 18 сортов и селекционных форм, направленный на определение содержания фенольных соединений, антиоксидантной активности, общего количества липидов и летучих органических веществ [227]. В другом исследовании проведен скрининг 50 элитных форм ореха по содержанию токоферолов (α -, β -, γ - и δ -), каротиноидов (α - и β -каротина, зеаксантина, лютеина, криптоксантина и ликопина), и общего количества фенолов [251]. Имеются данные анализа профиля жирных кислот и минеральному составу трех иранских сортов ореха грецкого (Тойсеркан, Чабоксар и Карадж). Содержание линолевой кислоты составило 50,15-51,36 %, а линоленовой – 10,48-12,04 % от общего содержания жирных кислот [144]. В работе Mitrović (1999) у восьми сортов и гибридных форм сербской селекции («Дорка», «Шеиново», «Ибар» и др.) общее содержание масла варьировало от 64,94 % («Дорка») до 74,46 %, при этом среднее значение составило 68,81 % (форма «G-286») [213]. Оценка шести сортов («Франкетт», «Марбот», «Майетт», «Меланайс», «Лара», «Парисиенн») показала содержание жиров в пределах 62,3-66,5 % [145]. Однако в следующем исследовании тех же сортов у сорта Франкетт

было зафиксированно наиболее высокое значение – 72,14 [121]. В работе Nogales-Bueno et al. (2021) у сортов «Чандлер», «Франкетт», «Говард», «Лара», «Туларе» содержание жиров варьировало от 65,86 % («Чандлер») до 68,86 % («Франкетт»), доля полиненасыщенных кислот достигала при этом 73,03–77,48 % [113]. Анализ 12 сортов из провинции Шаньси выявил значения содержания жиров от 59,4 % до 71,5 % [151]. У десяти сортов, произрастающей в этой же провинции максимальный уровень ПНЖК (76,6 %) отмечен у сорта «Лио 1», минимальный (68,0 %) – у «Ли 2» [100]. Более масштабное исследование 37 сортов из Шаньси подтвердило, что основными жирными кислотами являются пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолея и линоленовая, причем сумма ПНЖК достигает 90 % от общего содержания жира, который варьирует от 56,8 % до 70,88 % [132]. Турецкие исследования внесли значительный вклад в анализ жирнокислотного состава плодов ореха грецкого. Среди десяти изученных сортов самое высокое общее содержание масла показал сорт «Мараш 18» (70,7 %), а максимальные значения линолевой (64,56 %) и линоленовой кислоты (13,26 %) соответственно сорта «Харли» и «Говард» [166]. В анализе девяти сортов выявлена максимальная масличность сорта «Айвенго» [226]. В другом турецком исследовании у сорта «Чандлер» содержание жиров составило 65,2 %, а сорт «Говард» выделился высоким уровнем линоленовой кислоты [139]. В исследовании шести сортов («Lauzeronne», «Franquette», «Hartley», «Local pt», «Local gd» и «Parisienne») сорт «Local pt» имел самый высокий уровень масла (62,56 %). Основными жирными кислотами, обнаруженными в маслах грецкого ореха, являются линолевая кислота (60,42–65,77 %), олеиновая кислота (13,21–19,94 %) и линоленовая кислота (7,61–13 %) [141]. В работе Cittadini (2020) из шести сортов наиболее высокомасличным оказался сорт «Туларе» [160].

Таким образом, изучение биохимического состава ядер ореха грецкого является актуальной задачей, направленной на создание сортов с необходимыми качественными свойствами и повышенной биологической ценностью.

Латеральный тип плодоношения

Выделяют три типа плодоношения: верхушечный, верхушечно-боковой и боковой (латеральный), в зависимости от степени ветвления и расположения цветочных почек [183]. Верхушечное плодоношение отличается низкой степенью ветвления, при этом почки расположены на верхушечной части однолетних побегов. При этом типе плодоношения наблюдается относительно низкая урожайность. Латеральный тип плодоношения характеризуется высокой способностью к ветвлению. Данный тип плодоношения характеризуется образованием женских цветков не только на апикальных и приапикальных почках, но в пазушных почках зеленого побега. Апикальное доминирование на таких побегах слабое [39]. Сорта с боковым типом плодоношения имеют урожайность выше по сравнению с верхушечным [182]. Многие селекционные программы нацелены на получение сортов с латеральным плодоношением, так как более 80 % сортов обладающим данным типом плодоношения получили широкое распространение в странах с развитым производством грецкого ореха [277]. Наличие латерального плодоношения обуславливает существенно-более высокий уровень продуктивности дерева в сравнении с апикальным плодоношением [273]. В мире существует широкий перечень примеров успешного выполнения селекционной задачи по отбору форм с таким типом плодоношения. Сорт Пейн был одним из первых сортов с боковым типом плодоношения, который выделен в рамках селекционной программы США [118]. В рамках этой селекционной программы было создано 23 сорта, включая сорт Чандлер (85-90 % боковых плодовых почек), который в настоящее время используется в качестве стандарта в большинстве исследований [271; 274]. В результате селекции во Франции созданы сорта Фернор и Фернетт [183]. В странах Европы и США широкое распространение получили сорта Говард, Туларе, Лара, Педро, которые также отличаются латеральным типом плодоношения [197]. В Турции проводили исследования, посвященные получению сортов с латеральным плодоношением, в результате чего получен сорт Карабодур, который отличается гроздевидным боковым плодоношением, высоким выходом ядра, светло-кремовым цветом скорлупы [96]. В результате сравнительной оценки гибридных форм ореха грецкого, турецкими

учеными был получен латеральный сорт «Хелете Гюнеши» [262]. В Греции выделены два сорта ореха грецкого, обладающие комплексом хозяйственно-ценных признаков, в том числе высоким уровнем закладки плодов на боковых побегах (70-80 % у формы «FM3» и 30-30 % у формы «FM6», что выше, чем у контрольного сорта) [143]. В результате селекционного отбора в Греции получена гибридная форма Урания, отличающийся высокой долей бокового плодоношения [208]. В Иране выполнен ряд успешных работ. После двухлетнего изучения 167 сеянцев ореха грецкого иранские ученые выделили ряд форм с латеральным плодоношением, светлым ядром, высокой урожайностью и поздним распусканием почек [231]. Аналогичные исследования в провинции Мазендеран позволили выделить девять перспективных форм с комплексом селекционно-ценных признаков, в том числе латеральный тип плодоношения [232]. В исследовании Botu et al. к сортам с латеральным типом плодоношения были отнесены Фержан, Вина, Хартли, Фернор, Лара, Фернетт, Пэйн, Педро и другие иностранные сорта из США и Франции, изученные в условиях Румынии [161].

Тип цветения

Орех грецкий является однодомным растением, особенность которого заключается в том, что мужские соцветия и женские цветки растут на одном дереве.

Для ореха грецкого характерна диогогамия, при которой тычиночные и пестичные цветки на одном дереве разграничены по времени цветения. Это эволюционный механизм, стимулирующий скрещивание между разными образцами в популяции и предотвращающий самоопыление [119]. Таким образом поддерживается необходимое генетическое разнообразие. Однако, данная особенность цветения не исключает возможности самооплодотворения грецкого ореха, так как временное разделение цветения женских и мужских цветков иногда бывает не полным [186]. Степень диогогамии сильно различается у сортов. Существуют сорта с установленным высоким уровнем диогогамии. К примеру, сорта Эстерхази-II и Хартли абсолютно диогогамны, также высокий уровень диогогамии у сортов Франкетт, Парижан, Шейново (81,8 %) [256]. Согласно работе Guo-Xing Cao соотношение протандричных и протогиничных форм смещено в

сторону протандричного типа цветения [169]. Это подтверждается наличием большого количества сортов с протандричным типом цветения, например сорта Liaoning 1 and Liaoning 4 являются протандричными [206; 268]. Сорт, полученный турецкими селекционерами «Bahri Koz» имеет протандрический тип цветения, в связи с чем необходимо подбирать сорта опылители для создания садов с данным сортом [265].

В виду того, что грецкий орех является диогогамной культурой, это может создавать некоторые трудности для реализации биологического потенциала сортов грецкого ореха, так как при неодновременном цветении на дереве мужских и женских цветков может недостаточно интенсивно проходить процесс опыления. Поэтому в садовых насаждениях рекомендуется размещать либо гомогамные сорта, либо подбирать сорта-опылители. Гомогамные сорта ореха грецкого встречаются реже, чем диогогамные. Селекция гомогамных сортов является одним из важнейших приоритетов в селекционных программах. Протогиничные сорта встречаются реже, например сорт китайской селекции Liaoning 5 [268], сорта Чико и Амиго также являются протогиничными сортами. Исследование, посвященное анализу устойчивого проявления диогогамии в разные годы на примере 83 образцов ореха грецкого показало, что последовательность цветения тычиночных и пестичных цветков стабильна, а также не обнаружено статистически значимых различий в показателях урожайности, характеристиках качества плодов, количестве пестичных цветков между протоандричными и протогиничными образцами [99]. Явление гомогамии встречается в сортах ореха грецкого гораздо реже, чем диогогамия. Совпадение сроков цветения мужских и женских цветков влияет на результат опыления, приводя к большему количеству опыленных цветков, что в свою очередь влияет на качество и количество урожая [203]. Множество работ посвящено анализу степени диогогамии и времени цветения сортов и гибридов грецкого ореха. В Румынии, в результате изучения 19 перспективных гибридов в течение двух лет выяснилось, что на период цветения влияют факторы окружающей среды, в особенности температура. Высокие весенние температуры ускоряют начало процесса цветения мужских соцветий [123]. В Турции

селекционерами отобрано 24 перспективные формы, период перекрывания сроков цветения мужских и женских цветков которых составляет не менее 6 дней [263]. В Кашмире проводили отбор гомогамных форм ореха грецкого среди 482 деревьев в местных популяциях [202].

Тип цветения ореха грецкого представляет собой фенологический признак, который должен учитываться при подборе сортов-опылителей. Целенаправленная селекция на гомогамию ведется во многих странах (США, Франция, Китай) для создания сортов, не требующих опылителей, что упрощает закладку садов и повышает стабильность получения урожаев [94].

Устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды

Одним из наиболее негативных факторов, влияющих на производство ореха грецкого в мире, являются различные заболевания, наносящие ущерб ореховым деревьям и плодам. Основными патогенами, которые поражают орех грецкий в насаждениях является бактериоз, вызываемый *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* и марссониоз или бурая пятнистость, вызываемый грибом *Marssonina juglandis* (Lib.) Magn. (телеоморфа *Ophiognomonia leptostyla* (Fr.) Ces. et de Not.) [104; 217]. Бактериозом поражаются цветы, побеги, листья, почки и плоды. Основные экономические потери связаны с некротическим повреждением незрелых плодов, результате которого может происходить потеря урожая до 80 % [242]. Фактором поражения плодов является инокуляция *X. arboricola* на спящих почках и обильные весенние дожди, создающие благоприятные условия для развития патогеном [135]. Заражение происходит через прохождение патогена через естественные входы, например устьица либо поврежденные ткани [110]. При заражении орехов этим патогеном в период цветения на верхушке формирующихся плодов появляются небольшие, влажные, круглые или неправильной формы поражения. По мере проникновения бактерий в окружающие ткани пораженные участки увеличиваются и чернеют. Ядро ореха также может быть поражено. Снижение экономических потерь от бактериоза достигается путем мероприятий, направленных на снижение популяции возбудителя, включая применение пестицидов, а также отбор более высокоустойчивых форм [210; 257]. Возбудитель

бактериоза попадает в ткани грецкого ореха через естественные отверстия, такие как устьица, и из раненых тканей [281]. Деревья могут проявлять различные реакции на данные заболевания, так как полностью иммунных форм к бактериозу и бурой пятнистости не обнаружено. Окружающая среда играет решающую роль в заражении растений патогенами. Эпифитотии заболеваний зависят от климата, в первую очередь от количества осадков. Дождливая весна, роса и постоянные условия высокой влажности благоприятны для развития тяжелой формы бактериоза и бурой пятнистости, что приводит к значительным потерям урожая [261]

Среди болезней грецкого ореха антракноз грецкого ореха, также называемый бурой пятнистостью листьев, считается наиболее важным грибковым заболеванием листьев грецкого ореха во всем мире. Заболевание поражает в основном орех черный (*J. nigra*), орех грецкий (*J. regia*) и другие виды рода *Juglans* [219]. Болезнь может проявляться сильнее в сырую и дождливую погоду и обычно вызывает повреждение листьев, молодых побегов, плодов [228]. Поражаются практически все органы растения (листья, побеги, цветки, плоды), что приводит к опадению листьев, деформации плодов и их преждевременному опаданию. Основным симптом появившегося заболевания – это некротические пятна размером не более 5 мм на листьях и плодах. Они окружены небольшим желтоватым ореолом. На побегах пятна принимают круглую форму бурого, коричневого или коричнево-черного цвета [86]. Меры борьбы с патогеном заключаются в применении обработок насаждений фунгицидами, что приводит к увеличению себестоимости производимой продукции и пагубному влиянию на окружающую среду.

Важнейшим направлением современной селекции грецкого ореха, отвечающим принципам устойчивого и экологически безопасного сельского хозяйства, является создание и отбор сортов, обладающих устойчивостью к основным патогенам. Данный подход позволяет минимизировать зависимость от химических средств защиты, снижая экономические затраты и техногенную нагрузку на агроценозы. Особую актуальность эти работы приобретают в контексте

адаптации ореховодства к изменяющимся климатическим условиям и специфике отдельных регионов. Так, устойчивость ореха грецкого (*Juglans spp.*) к *Xanthomonas arboricola pv. juglandis* (Хаж) оценивалась для 18 генотипов грецкого ореха в 2016 и 2017 годах в Чэнду, Сычуань, Китай, с использованием трех анализов: один в естественных условиях (полевые исследования) и два в контролируемых условиях (анализ отделенных листьев и анализ целых растений) [159]. В другой работе по данному направлению, целью исследования группы ученых из Ирана было определение устойчивости листьев и незрелых плодов перспективных генотипов грецкого ореха в ответ на контролируемую инокуляцию *X. arboricola pv. juglandis* в садовых и лабораторных условиях [92]. Исследование распределения популяций *Xanthomonas arboricola pv. juglandis* и групп видов *Alternaria* на разных фенологических стадиях ореха в Аргентине показало, что Хаж была обнаружена на 9 из 11 изученных фенологических стадий, а *Alternaria* – на всех стадиях. Однако, *Alternaria* чаще всего обнаруживалась до завязывания плодов, в то время как на больных плодах преобладал Хаж [150].

На Юге России за последние 50 лет наблюдается увеличение стрессовых погодных факторов, приводящих к высокому уровню поражаемости деревьев ореха грецкого [17]. В условиях степного Крыма была проведена комплексная оценка гибридных форм ореха грецкого из коллекции Никитского ботанического сада. В результате многолетних наблюдений выделены сорта и форма ореха грецкого, обладающие высокой полевой устойчивостью к бурой пятнистости [34]. Для аридных условий Нижнего Приволжья выполнена работа по оценке устойчивости коллекции интродуцированных форм ореха грецкого различного географического происхождения. Трехлетние полевые опыты позволили идентифицировать формы наиболее толерантные к бурой пятнистости [56]. Однако, необходимо отметить, что несмотря на определенные успехи в данном направлении, существует дефицит устойчивых образцов, обладающих также и другими ценными признаками. По этой причине данное направление имеет высокий уровень актуальности.

Одна из ключевых задач – создание сортов, толерантных к абиотическим стрессам. Это включает устойчивость к поздним весенним заморозкам, как

основной причине потери урожая, засухоустойчивость и жаростойкость в период налива ореха.

Изучение фенологических фаз развития ореха грецкого (*Juglans regia* L.) представляет собой важнейший аспект селекционной работы и сортоизучения данной культуры. Динамика прохождения ключевых фенологических этапов находится в прямой зависимости от факторов окружающей среды, включая климатические изменения [134]. Особую значимость приобретает проблема поздневесенних заморозков, которые выступают одним из основных лимитирующих факторов, негативно влияющих на продуктивность сортов грецкого ореха [258]. В связи с этим критически важным становится подбор генотипов, у которых начало вегетации происходит после периода возможных весенних заморозков [133; 195].

Создание и внедрение в производство поздноцветущих сортов с поздним сроком распускания листьев рассматривается как стратегическое направление в минимизации ущерба от весенних заморозков. Актуальность данной проблемы подтверждается многочисленными исследованиями, проводимыми селекционерами в различных регионах мира, особенно в странах, где возделывание грецкого ореха ограничено неблагоприятными погодными условиями в весенний период. Так, в Турции, были проведены масштабные исследования по отбору перспективных сеянцев, сочетающих позднее распускание почек с такими хозяйственно ценными признаками, как латеральный тип плодоношения и устойчивость к патогенам [98]. В Иране осуществлялись комплексные работы по гибридизации сортов Персия, Каспиан, Chandler и Pedro с сортами Franquette и Lara. Результаты исследований продемонстрировали, что использование сорта Franquette в качестве родительской формы способствует получению генотипов с поздним началом вегетации [278]. Другие иранские исследователи идентифицировали 16 образцов с поздним распусканием почек, обладающих комплексом коммерчески значимых характеристик в местных семенных популяциях [198]. В аналогичном исследовании, направленном на отбор устойчивых генотипов, было выделено 14 гибридных форм, соответствующих

заданным критериям [199]. Наиболее масштабная известная работа включала оценку 4000 семян грецкого ореха, в результате которой было отобрано 61 форма с поздним распуском почек [258].

Особый интерес представляют SSR-маркеры JRHR209732 и CUJRB012, разработанные в 2019 году и ассоциированные с локусами, контролирующими сроки распускания почек у грецкого ореха [167]. Первоначально данные маркеры были апробированы на турецкой популяции, а в 2024 году их эффективность подтверждена в ходе анализа 86 иранских образцов [278].

Таким образом, сочетание традиционной фенотипической оценки с современными молекулярно-генетическими методами открывает новые перспективы для создания адаптированных к изменяющимся климатическим условиям сортов грецкого ореха.

1.6 Молекулярно – генетические исследования в изучении генетического разнообразия и селекции грецкого ореха

Помимо традиционных методов фенотипической оценки, современная селекция грецкого ореха активно внедряет молекулярно-генетические подходы, позволяющие углубленно изучать хозяйственно ценные признаки и выявлять генетические взаимосвязи образцов. Применение молекулярной генетики в селекции ореха грецкого (*Juglans regia* L.) началось с использования ДНК-маркеров для оценки генетического разнообразия и уточнения таксономических вопросов. Широкое применение находят ДНК-маркеры, используемые для решения разнообразных задач, включая: идентификацию сортов [109; 127; 194; 237; 259]; исследование гетерозиса [115; 149]; анализ генетического разнообразия [156; 172; 173; 174; 177; 178; 196]. Интеграция молекулярных методов в классические схемы селекции позволяет существенно повысить эффективность отбора [92].

Благодаря достижениям в области анализа генома, а также ряда методов, за последние 30 лет было проведено множество генетических исследований грецкого ореха: изучение разнообразия, определение взаимоотношений внутри коллекций и

популяций, построение генетической карты и исследования генетических детерминант хозяйственно-ценных признаков [101].

В конце 2010-х годов исследования подчеркнули стабильность молекулярных маркеров, таких как SSR (Simple Sequence Repeats) для анализа популяций грецкого ореха [215; 223]. Эти маркеры позволили селекционерам различать сорта и определять генетические связи, заложив основу для целевых программ селекции. Важнейшим этапом селекционного процесса является всесторонний анализ генетических ресурсов, который позволяет не только идентифицировать перспективные генотипы для непосредственного внедрения в производство, но и выявить ценные источники хозяйственно -значимых признаков для последующего использования в программах гибридизации [184]. При этом особое значение приобретает сохранение и рациональное использование генетического разнообразия исходного генофонда [111]. Наиболее эффективной стратегией в данном контексте представляется вовлечение в селекционный процесс образцов с минимальным уровнем генетического сходства, что в современных условиях может быть точно определено с применением молекулярно-генетических маркеров различного типа.

Данное направление исследований имеет фундаментальное значение для работы с генетическими ресурсами сельскохозяйственных культур, в том числе ореха грецкого (*Juglans regia* L.). В мировой практике накоплен значительный опыт подобных исследований, где особое распространение получили микросателлитные (SSR) маркеры, характеризующиеся высокой информативностью и воспроизводимостью результатов. В частности, французскими исследователями была проведена масштабная работа по анализу генетического разнообразия 253 образцов грецкого ореха из коллекции научного центра INRAE (Франция) с использованием SSR-маркеров, что позволило получить ценные данные о структуре изучаемого генофонда [118].

Такой комплексный подход, сочетающий традиционные селекционные методы с современными молекулярно-генетическими технологиями, обеспечивает научно обоснованный отбор исходного материала для создания новых

высокопродуктивных и адаптированных сортов, сохраняя при этом генетическое разнообразие вида как основу для будущих селекционных достижений. В Турции проводятся аналогичные исследования [108; 176; 193]. Ученые из Ирана, также проводят масштабные исследования генетического разнообразия, так как именно территория Ирана является одним из центров происхождения этой культуры [140;175]. В работе турецких ученых проанализирован 91 образец, включая 74 формы из местных популяций и 17 коммерческих сортов по 45 SSR-маркерам [171]. Также в Турции оценивалось генетическое разнообразие 28 семян грецкого ореха по 21 SSR-маркеру. Выявлено, что исследуемые образцы генетически отдалены друг от друга, что может быть важно для будущих скрещиваний [146]. Использование SSR-маркеров эффективно для изучения генетической изменчивости. Например, учеными из Италии проведен анализ десяти семян, полученных от сорта «Sorrento», шести привитых клонов этого же сорта и шести других сортов грецкого ореха и получены данные о состоятельности используемых маркеров для идентификации сортов [126]. Коллективом авторов из Калифорнийского университета в Дэвисе выполнен анализ генетической структуры коллекции генетических ресурсов грецкого ореха с помощью 15 SSR-маркеров на 459 образцах [106]. Китайскими учеными была поставлена цель идентифицировать 35 сортов грецкого ореха с использованием SSR-маркеров и 22 признаков формы ореха [194]. В работе испанских ученых проанализировано 57 популярных сортов грецкого ореха американского и испанского происхождения с помощью 19 маркеров. Полученные результаты демонстрировали четкое разделение калифорнийских сортов от испанских [192]. Исследования, посвященные генетическому разнообразию грецкого ореха, проводятся и отечественными учеными [8; 33;158; 260; 270].

Технологии использования молекулярных маркеров (например, SSR, SNP) разрешили таксономическую неоднозначность и позволили ученым выявлять генетическое разнообразие в популяциях грецкого ореха, особенно в таких регионах как Гималаи, Китай и Ближний Восток [118; 180; 216]. Это послужило

основой для создания коллекций, которые максимально увеличивают разнообразие, оптимизируя использование растительных ресурсов.

Применение современных подходов, в частности молекулярно-генетических маркеров позволяют оптимизировать подбор родительских пар для скрещивания, ускоряя выведение сортов с необходимыми характеристиками, сохраняя генетическое разнообразие.

Проведенный обзор литературных источников показал, что актуальность изучения генетического разнообразия и селекции ореха грецкого обусловлена его хозяйственной ценностью и растущими потребностями рынка. Существующие отечественные сорта имеют ряд недостатков: уязвимость к весенним заморозкам, заболеваниям, низкая выраженность латерального плодоношения, показатель массы плодов, уступающий распространенным зарубежным сортам. В связи с этим возрастает важность селекционных программ, направленных на создание сортов с комплексом хозяйственно-ценных признаков таких как позднее начало вегетации, устойчивость к патогенам, высокое качество плодов (масса плода выше 12 грамм, тонкая скорлупа, высокий выход ядра, светлая окраска ядра и легкость извлечения). Очевидно, что работа, направленная на выявление селекционно-ценных образцов на основе комплексной фенотипической оценки и одновременно на установление генетической структуры и взаимосвязей изучаемых образцов с применением ДНК-маркерных технологий, обладает высоким уровнем актуальности.

ГЛАВА 2

УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проводилось по следующей схеме (рисунок 1):



Рисунок 1 – Структурная схема исследования

Работа выполнена в Северо-Кавказском Федеральном научном центре садоводства, виноградарства и виноделия в 2022-2025 годах.

2.1 Объекты исследования

Объектами исследований являлись 43 формы, представляющие собой сеянцы, полученные от свободного опыления образцов из коллекции генофонда ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (ФГБНУ СКФНЦСВВ), имеющих различное происхождение (местные популяции Краснодарского края и гибридное происхождение от интродуцированных среднеазиатских форм и образцов из местного генофонда). Исследовательский материал сформирован в СКФНЦСВВ в результате многолетней селекционной работы ученых под руководством Луговского А.П.

Насаждения ореха грецкого расположены в Прикубанской зоне садоводства. Сады 2001 (27 объектов) и 2010 (16 объектов) годов посадки. Проведение сравнительной оценки разновозрастных групп как единой выборки основано на биологической специфике культуры ореха грецкого, заключающейся в длительной фазе плодоношения. Поскольку все изучаемые объекты на момент исследования находились в фазе полного и устойчивого плодоношения, возрастные различия не рассматривались как критический фактор, оказывающий влияние на качественные показатели (биохимический состав, морфология плода, устойчивость к стрессовым факторам, фенологические фазы развития).

Все изучаемые формы являются корнесобственными, агротехника возделывания соответствовала общепринятой. Инфекционный фон – естественный. Коллекционные насаждения заложены по схеме посадки 5х4, обеспечивающие стандартные условия для роста и развития растений. В качестве контроля выбран сорт Родина (происхождение: сеянец местной популяции).

В работу по микросателлитному генотипированию были включены дополнительно элитные формы, районированные отечественные и зарубежные сорта (таблица 1). Элитные формы, представленные в таблице 1 выделены по комплексу селекционно-ценных признаков в результате многолетней оценки. Расширение выборки связано с тем, что изучаемые гибридные формы являются

частью генофонда и дальнейшее их использование может предполагать скрещивания не только внутри изученной группы образцов, в связи с чем стоит задача изучения генетических взаимосвязей большой группы форм и определения места данных образцов в генофонде. Включение зарубежных сортов позволяет оценить их взаимосвязи с изученными отечественными образцами.

Таблица 1 – Сорта и гибридные формы, дополнительно включенные в выборку для проведения анализа генетического разнообразия микросателлитных локусов

Сорт/гибридная форма	Характеристика
МП-25 (Славянин)	Элитная форма
МП-91 (Изящный)	Элитная форма
МП-97 (Конкистадор)	Элитная форма
Г-1-10 (Дар Кубани)	Элитная форма
ЯБ-22 (Русь)	Элитная форма
ЯБ-58 (Южанин)	Элитная форма
ЯБ-70 (Водолей)	Элитная форма
ЯР-18 (Водник)	Элитная форма
Десертный	Элитная форма
Дачный	Отечественный сорт селекции ФГБНУ СКФНЦСВВ
МП-94 (Урожайный)	Отечественный сорт селекции ФГБНУ СКФНЦСВВ
Овен	Отечественный сорт селекции ФГБНУ СКФНЦСВВ
Аврора	Отечественный сорт селекции ФГБНУ СКФНЦСВВ
Заря Востока	Отечественный сорт селекции ФГБНУ СКФНЦСВВ
Пелан	Отечественный сорт селекции ФГБНУ СКФНЦСВВ
Чендлер	Зарубежный сорт (США)
Фернор	Зарубежный сорт (Франция)
Кодрене	Зарубежный сорт (Республика Молдова)
Песчанский	Зарубежный сорт (Республика Молдова)

Место проведения исследований: селекционно-биотехнологическая лаборатория ФГБНУ СКФНЦСВВ, ЦКП «Приборно-аналитический», ОПХ «Центральное».

2.2 Условия проведения исследований

Гибридные формы и сорт-контроль Родина произрастают в селекционном саду СКФНЦСВВ, на территории ОПХ «Центральное», расположенном в

центральной части Прикубанской зоны садоводства Краснодарского края. Междурядья содержатся под естественным задернением. Орошение отсутствует. Прикубанская зона садоводства, расположенная в центральной и юго-восточной части Краснодарского края, характеризуется уникальным сочетанием агроклиматических ресурсов, обусловленных её географическим положением в пределах Прикубанской равнины [1]. Регион находится под влиянием умеренно-континентального климата с выраженными сезонными колебаниями, смягчаемыми близостью Черного и Азовского морей, а также барьерной ролью Кавказских гор, ограничивающих проникновение холодных воздушных масс с востока. Погодные условия в данном регионе отличаются высокими температурами летом и мягкими малоснежными зимами. Климатический режим региона определяется среднегодовой температурой $+11...+12\text{ }^{\circ}\text{C}$, что соответствует умеренно-тёплому климату с продолжительным вегетационным периодом (220–230 дней), безморозный период 192 дня. Годовое количество осадков составляет 600–800 мм, однако их распределение отличается выраженной сезонной неравномерностью. Летние осадки часто носят ливневый характер, сопровождаясь грозами и кратковременными шквалистыми ветрами, тогда как зимние осадки преимущественно слабоинтенсивны. Коэффициент увлажнения Шашко в диапазоне 0,25–0,35, что соответствует засушливым условиям.

Почвенный покров региона формируется преимущественно под воздействием степных и лесостепных ландшафтов. Доминирующими типами почв являются чернозёмы обыкновенные и выщелоченные, обладающие высокой мощностью гумусового горизонта (до 150–200 см) и нейтральной или слабощелочной реакцией (рН 6,5–7,5). Эти почвы отличаются исключительным плодородием, обусловленным высоким содержанием органического вещества (до 8–10 % гумуса), что создаёт оптимальные условия для выращивания плодовых и ягодных культур. В пойменных участках реки Кубань и её притоков распространены аллювиальные и лугово-чернозёмные почвы, характеризующиеся повышенным увлажнением и периодическим подтоплением в период паводков.

Зимний сезон (декабрь–февраль) отличается мягкостью и неустойчивостью погодных условий. Среднесуточные температуры колеблются в пределах от -2°C до $+5^{\circ}\text{C}$, однако возможны кратковременные похолодания до $-15...-20^{\circ}\text{C}$.

Весна (март–май) характеризуется динамичным повышением температур. Если в марте средние температуры составляют $+5...+10^{\circ}\text{C}$, то к маю они достигают $+18...+22^{\circ}\text{C}$. Однако в первой половине апреля сохраняется риск возвратных заморозков, способных повредить цветущие садовые культуры. Весенние месяцы отличаются максимальным увлажнением (до 90–120 мм в мае).

Летний период (июнь–август) является наиболее жарким. Средние температуры воздуха составляют $+23...+26^{\circ}\text{C}$, а в июле–августе возможны экстремальные значения до $+35...+40^{\circ}\text{C}$. Летние осадки носят преимущественно ливневый характер. Высокая испаряемость и периодические суховеи способствуют возникновению засушливых периодов, требующих организации искусственного орошения.

В сентябре средние показатели составляют около $+20^{\circ}\text{C}$, а к ноябрю опускаются до $+5...+10^{\circ}\text{C}$. Первые заморозки на поверхности почвы отмечаются в конце октября. Осадки сокращаются до 40–60 мм в месяц.

Сельскохозяйственные риски в регионе связаны с климатической изменчивостью: поздневесенние заморозки, летние засухи и градовые явления. Они требуют применения адаптивных агротехнологий, таких как капельное орошение, установка антиградовых сеток и подбор засухоустойчивых сортов. Тем не менее, сочетание плодородных почв, длительного вегетационного периода и достаточного увлажнения делает Прикубанскую зону подходящей для возделывания ореха грецкого [71].

Проведен анализ агроклиматических условий, выступающих фоном для проведения полевых исследований в 2022-2025. Метеорологические данные за 2022-2025 года, полученные с метеостанции «Круглик» (г. Краснодар), позволили дать оценку влияния климатических условий на развитие селекционного материала по фазам фенологического развития деревьев, устойчивость к патогенам, урожайность, товарные качества плодов.

Для оценки теплообеспеченности вегетационных периодов, важного показателя для фенологических фаз развития и вызревания урожая ореха грецкого, проанализированы суммы активных температур ($SAT > +10\text{ }^{\circ}\text{C}$). Порог $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ принят как биологический минимум для начала активной вегетации (Луговской и др., 2018). За весь период исследований сохранялся высокий уровень теплового ресурса, однако его накопление по годам и месяцам неравномерно (рисунок 2).

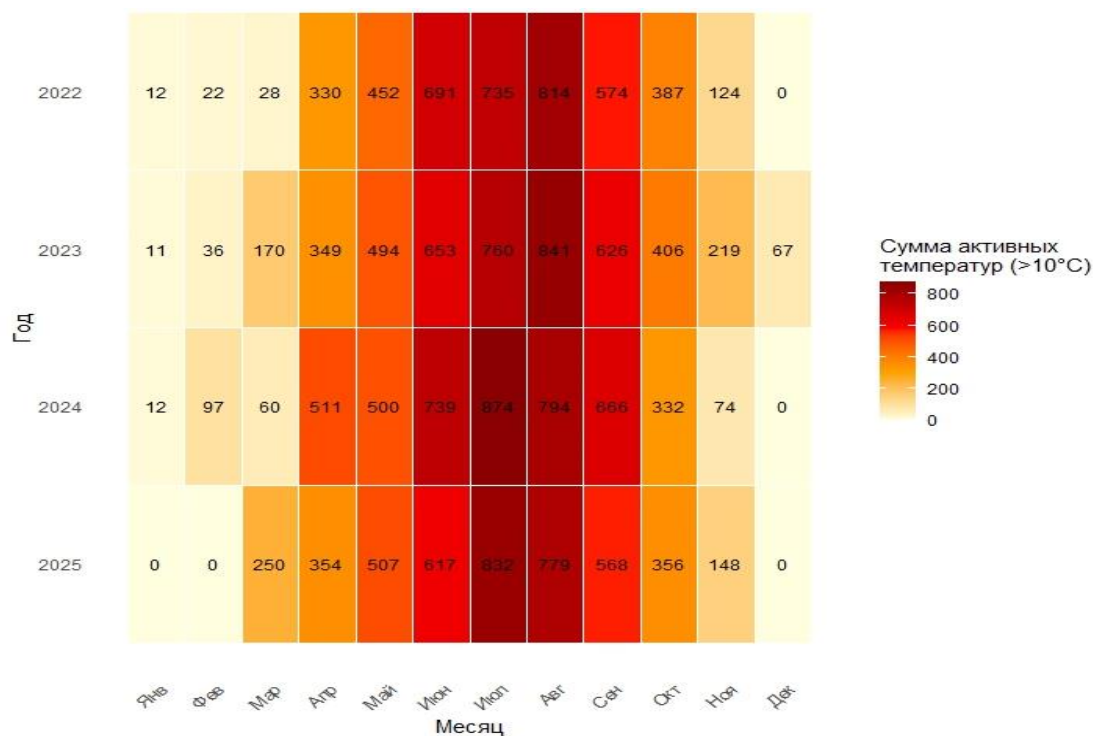


Рисунок 2 –Динамика накопления сумм активных температур по месяцам в период исследований (2022-2025 гг.)

Сумма активных температур в 2022 году составила $4169\text{ }^{\circ}\text{C}$, в 2023 году САТ составила $4632\text{ }^{\circ}\text{C}$. Наибольшая годовая САТ зафиксирована в 2024 году ($4659\text{ }^{\circ}\text{C}$), что существенно превысило показатели других лет. Пиковые месячные значения САТ пришлись также на 2024: $874\text{ }^{\circ}\text{C}$ в июле. Зимние месяцы, как видно на тепловой карте, не вносили значимого вклада в накопление эффективных температур. 2025 год характеризовался САТ равной $4411\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Распределение осадков оказалось крайне неоднородным как в течение года, так и по годам исследований, что определяло периоды дефицита и избытка влаги (рисунок 3).

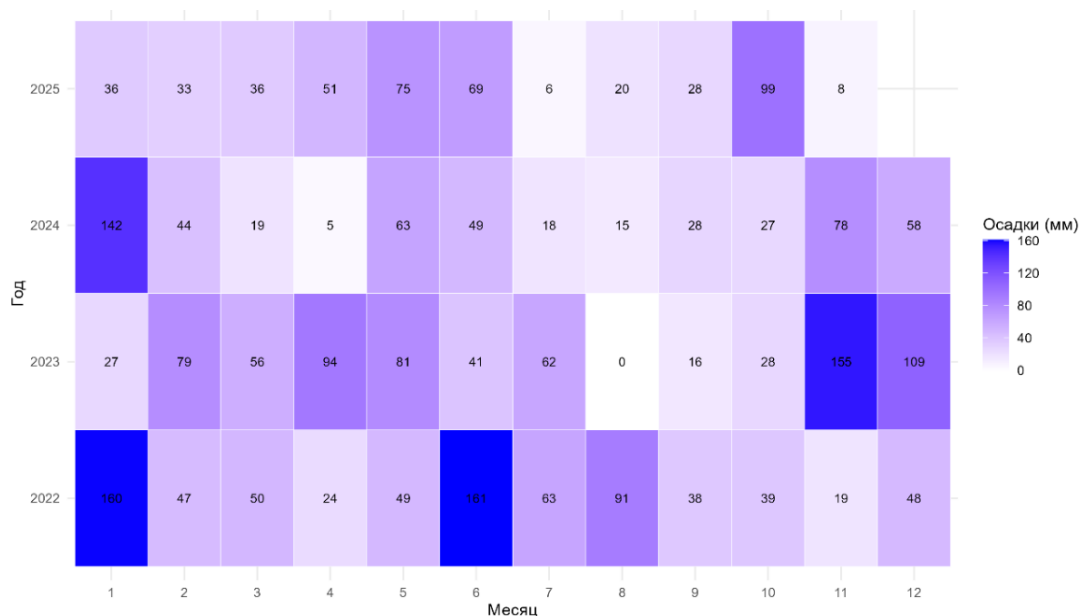


Рисунок 3 – Динамика суммы осадков по месяцам в 2022-2025 гг.

Годовые суммы осадков варьировали: 788,8 мм в 2022 году, 746,8 мм в 2023, 547,4 мм в 2024 и 461 мм в 2025 году. Таким образом, 2022 и 2023 были близки к норме по влагообеспеченности более 600 мм [71], а 2024 и 2025 годы более засушливыми. Особенно выраженный дефицит осадков наблюдался в вегетационный период (апрель-октябрь) 2024 года (205,3 мм при норме 364 мм), что создало условия умеренной засухи. Аномально сухими были март и апрель 2024 (19,4 мм и 4,8 мм соответственно при норме 64,3 мм и 48,7 мм), что оказало существенное влияние на формирование цветковых почек и завязей грецкого ореха, август 2023 года (0 мм осадков при норме 40,7 мм), июль 2025 (6 мм при норме 62,8 мм).

Среднегодовые температуры воздуха за весь период исследований превышали норму (1991-2020 гг., 12,7 °С). В 2022 году среднегодовая температура составила 13,0 °С, в 2023 году – 13,8 °С, в 2024 – 14,3 °С, в 2025 году (до 20 ноября) составило 12,7 °С (рисунок 4).

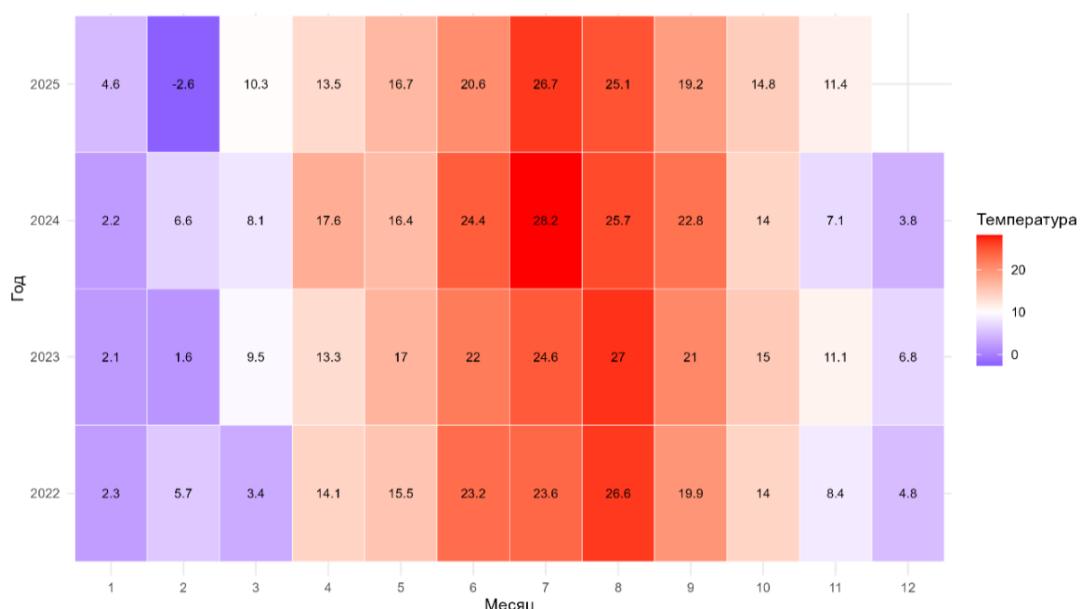


Рисунок 4 – Динамика среднемесячных температур в 2022-2025 гг.

Данный параметр позволил оценить не только общую теплообеспеченность, но и риски повреждения возвратными заморозками весной, а также стрессовое воздействие экстремально высоких температур летом.

Зима 2021/2022 гг. была умеренно холодной, с абсолютным минимумом - 9,7°C в январе, что не представляет угрозы для зимостойких сортов в состоянии покоя. Однако весна наступила запоздало и сопровождалась возвратными заморозками в первой-второй декаде марта (до -6,6 °C) (рисунок 5).

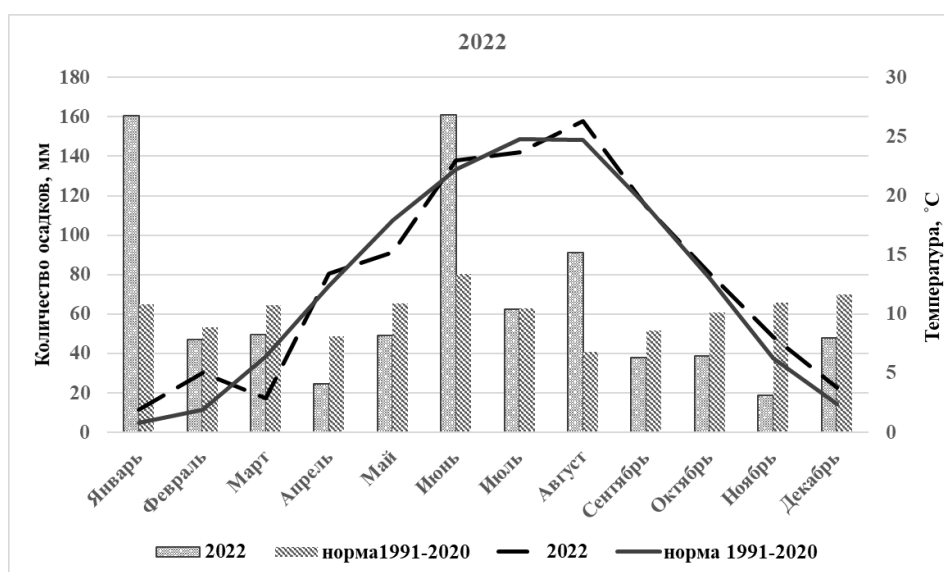


Рисунок 5 – Климатические условия в 2022 г.

Для рановегетирующих сортов это создавало риск повреждения почек. Стрессовым фактором стала засушливая весна (март-май) с суммарным количеством осадков около 123 мм против 178,5 мм среднееголетних показателей. Дефицит влаги совпал с ключевыми фазами цветения, опыления и завязывания плодов (май–начало июня), что, согласно литературным данным, ведёт к массовому опадению завязи и формированию редуцированного урожая. Летний период 2022 был влажным, особенно июнь (161 мм). Обильные осадки в первой половине лета способствовали активному росту вегетативной массы и формированию плодов, но одновременно с этим создали риск для развития грибных и бактериальных инфекций. На графике (рисунке 5) наглядно видна разница между более сухой весной и влажным летом. При этом общая теплообеспеченность была высокой ($\text{CAT} > 2000\text{ }^{\circ}\text{C}$), что обеспечило полноценное вызревание урожая.

2023 год характеризовался значительными отклонениями от многолетних норм в некоторых месяцах, особенно в отношении количества осадков (рисунок 6).

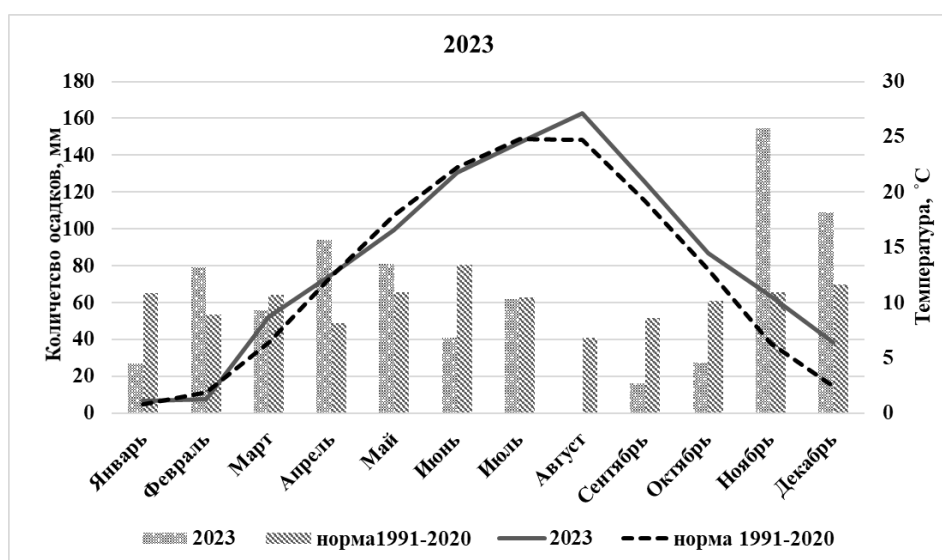


Рисунок 6 – Климатические условия в 2023 г

Абсолютный минимум в феврале 2023 достиг $-14,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, что не является критическим для деревьев ореха грецкого, так как известно, что в период органического покоя он переносит без существенных повреждений морозы до -

26...-28 °С. Весна 2023 была благополучной, без сильных возвратных заморозков, что позволило успешно пройти фазам цветения и опыления. Однако летний период создал комплексный стресс. Во-первых, наблюдалось сочетание экстремально высоких температур (до +38,5 °С в августе) с периодами повышенного увлажнения (апрель- май характеризовались осадками 174 мм). В апреле количество составило 94 мм, что выше многолетнего значения (48,7 мм). Май 2023 года характеризовался значительным количеством осадков — 80,8 мм, что существенно превышает многолетний уровень (65,5 мм). Во-вторых, режим осадков, несмотря на отсутствие экстремальных месячных сумм, был неустойчивым. Влажная и тёплая погода в отдельные периоды лета создавала благоприятные условия для вспышек грибных и бактериальных инфекций, таких как бактериоз (*Xanthomonas campestris* pv. *juglandis*) и бурая пятнистость (*Ophiognomonia leptostyla* (Syn. *Gnomonia leptostyla*).

Зима 2024 года была мягкой, что исключило риск зимний повреждений. Температурный режим 2024 года оказался самым тёплым – сумма активных температур за вегетационный период была максимальной за трёхлетний период наблюдений (рисунок 7).

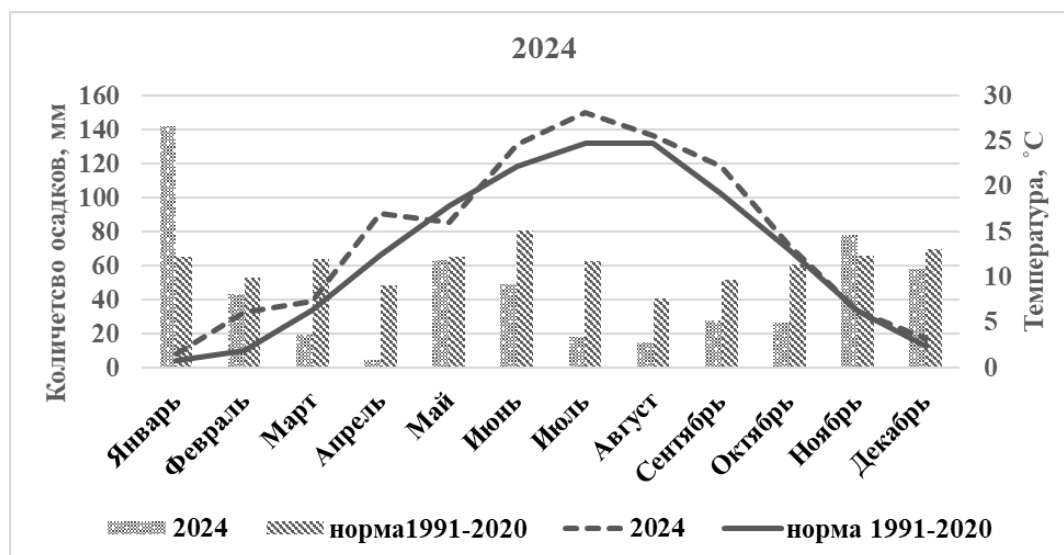


Рисунок 7 – Климатические условия в 2024 г.

При этом главным стрессовым фактором выступила продолжительная жара в июле- августе, с температурами, стабильно превышающими +35 °С

(максимальное количество дней, когда максимальные температуры превысили $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$, составило 19 дней). Средняя температура июля составила $+28,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($+3,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ к норме) и абсолютным максимумом $39,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, что создавало условия для стресса деревьев. Подобный тепловой режим может вызывать у ореха грецкого физиологический стресс. Это напрямую сказывается на качестве ядра (возможно уменьшение размера, плохая выполненность ядра).

Агроклиматические условия 2025 года характеризовались холодным окончанием зимы, поздней весной, умеренно-теплым летом и теплой влажной осенью (рисцнок 8).

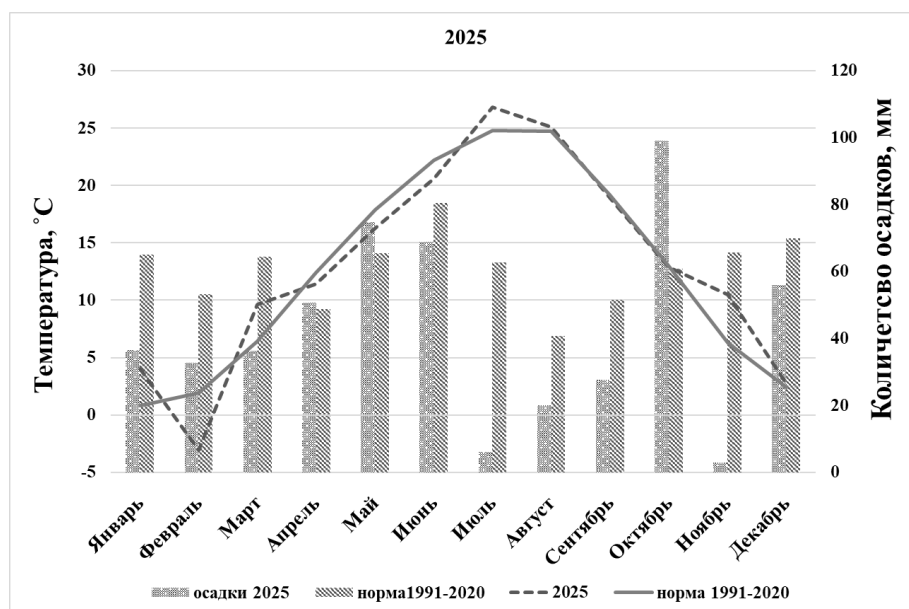


Рисунок 8 – Климатические условия в 2025 г.

Наиболее значимым стрессовым событием были морозы во второй половине февраля. Январь оказался относительно теплым ($+4,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ при норме $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$), в то время как февраль был холодным ($-3,07\text{ }^{\circ}\text{C}$ при норме $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$). В феврале отмечены экстремально низкие температуры, достигавшие $-18,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ в третьей декаде месяца. Весенний период (март-май) соответствовал среднемуголетним значениям. Весенние заморозки были умеренными и не оказали существенного влияния на пробуждение почек грецкого ореха. Летний период (июнь-август) характеризовался умеренными температурами. Абсолютный максимум

температуры в июле достиг 37,7 °С, что создавало кратковременные условия теплового стресса для растений. Распределение осадков было неравномерным: в марте выпало всего 36,3 мм осадков (56,5 % от нормы 64,3 мм). Апрель и май имели близкие к норме значения (50,6 мм и 74,8 мм соответственно). Июнь также характеризовался хорошим увлажнением (68,9 мм при норме 80,5 мм). Однако июль был достаточно сухим – всего 6 мм осадков при норме 62,8 мм.

2.3 Методики исследований

Комплексную оценку фенологических, морфометрические, биологических особенностей гибридных форм ореха грецкого проводили согласно «Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (ВНИИСПК, 1995) [57]; «Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (ВНИИСПК, 1999) [58]; «Программе Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года» (2013) [59].

Степень дихогамии рассчитывалась с использованием формулы (Solar et al., 1995):

$$DD \% = \frac{1 - D_{\text{ж}}}{D_{\text{ж}}} \times 100, \quad (1)$$

Где, DD % - степень дихогамии; $D_{\text{ж}}$ – количество дней, когда женские и мужские цветки совпадают по датам цветения; $D_{\text{ж}}$ - количество дней, когда женские цветут.

Индекс периодичности плодоношения рассчитывали по формуле [59]:

$$P = \frac{(C1 - C2) + (C3 - C4)}{C1 + C2 + C3 + C4} \times 100 \quad (2)$$

Где C1 - C2, C3 - C4 - урожаи с дерева за смежные годы.

Для изучения засухоустойчивости была определена водоудерживающая способность листьев и оводненность тканей листа лабораторным методом.

Оводненность (содержание воды) листьев рассчитывали по формуле:

$$ОВ = \frac{m_1 - m_3}{m_1} \times 100, \quad (3)$$

где ОВ – оводненность листа (%), m_1 – масса сырой навески, m_3 – масса сухой навески.

Содержание сухого вещества в листьях определяли по формуле:

$$СВ = \frac{m_3}{m_1} \times 100, \quad (4)$$

где СВ – сухие вещества (%), m_1 – масса сырой навески, m_3 – масса сухой навески.

Потерю воды листьями определяли по формуле потери воды листьями:

$$ПВ = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100, \quad (5)$$

где ПВ – потеря воды (%), m_1 – масса сырой навески, m_2 – масса навески через 2 и 4 часа.

Оценка полевой устойчивости к бактериозу и бурой пятнистости проводилась согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [58], с использованием балльной шкалы от 0 до 5:

0 – поражение отсутствует;

1 – очень слабое: небольшие некротические пятна на единичных листьях, побегах или плодах;

2 – слабое: поражено до 10 % пестичных цветков/плодов, на поверхность листьев, побегов или плодов мелкие пятна (размером 1–2 мм), занимающие до 10 % площади;

3 – среднее: поражено до 25 % цветков/плодов, некротические пятна разрастаясь сливаются между собой, поражая до 25 % поверхности листьев, побегов и плодов;

4 – сильное: поражено до 50 % цветков/плодов, некротические пятна занимают до 50 % поверхности листьев, побегов и плодов;

5 – очень сильное: поражено более 50 % цветков/плодов, большие некротические пятна покрывают более 50 % площади листьев, побегов или плодов; поражённые листья, плоды опадают. У растений, поражённых болезнями бактериального или грибного происхождения, в результате которых усыхают и опадают листья, резко снижается морозоустойчивость.

Для определения формы плодов изучаемых гибридов был посчитан главный коэффициент формы для каждого образца по формуле:

$$K_{\Gamma} = \frac{A + B}{2} : H \quad (6)$$

где K_{Γ} – главный коэффициент формы,

A – диаметр по шву,

B – диаметр по бокам,

H – высота ореха

Плоды не округлой формы классифицировали согласно Дескриптору (рисунок 9).

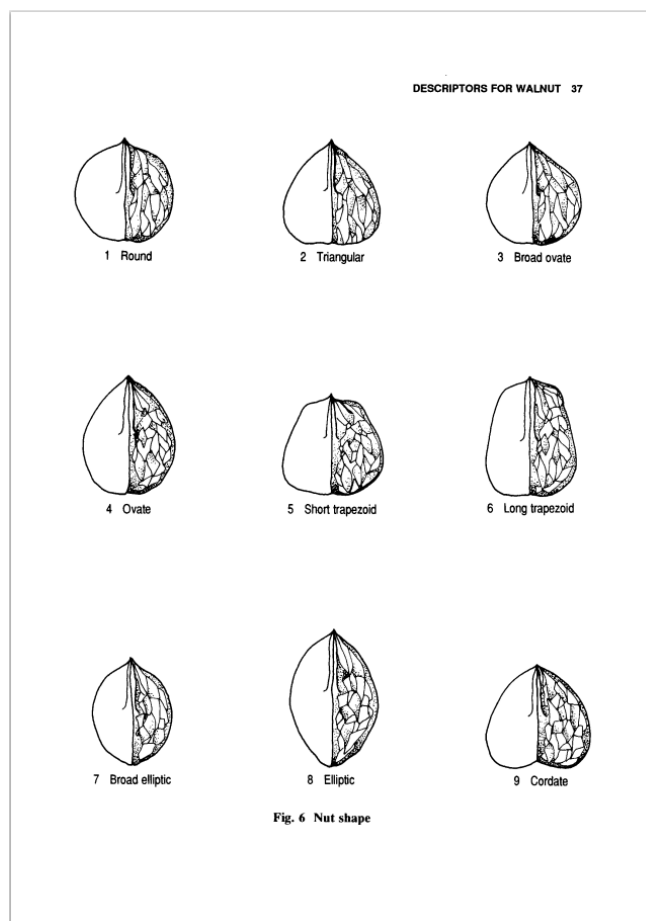


Рисунок 9 – Классификация по форме плода¹

Биохимический анализ плодов ореха проводился в ЦКП «Приборно-аналитический». Содержание катионов определяли методом капиллярного электрофореза; определение сухих водорастворимых веществ производили рефрактометрическим методом; содержание суммы фенольных соединений определяли спектрофотометрическим методом с использованием реактива Фолина-Чокальтеу. Содержание общего количества жира изученных образцов ореха грецкого проводили на приборе – ЯМР-анализатор АМВ-1006 М согласно ГОСТ 8.597-210, 2011 [27; 30]. Жирнокислотный состав ядер ореха грецкого определяли хроматографическим методом на газовом хроматографе «ХроматэкКристалл 5000» российского производства с автоматическим дозатором ДАЖ-2М на капиллярной колонке SolGelWax 30 м × 0,25 мм × 0,25 мкм согласно ГОСТ 31663-2012 [26], ГОСТ Р 31665-2012 [28].

¹ IPGRI. Descriptors for walnut (*Juglans* spp.). International Plant Genetic Resources Institute. 1994. Rome, Italy. P. 43.

ДНК анализируемых образцов выделяли из молодых листьев модифицированным ЦТАБ-методом [221]. Генотипирование элитных форм ореха грецкого проводили с помощью 12 SSR-маркеров: WGA001, WGA069, WGA376, WGA276, WGA009, WGA202, WGA089, WGA054, WGA321, WGA72, WGA79, WGA4 ПЦР проходила при следующих условиях: концентрация реактивов ПЦР смеси: Буфер 1X, dNTP - 0,24 мМ, Taq 1U, SSR-праймеры (прямой и обратный) – 0,16 мкМ каждого, тотальная ДНК – 40 нг. Температурные режимы ПЦР: 3 минуты начальной денатурации при +94 °C; 35 циклов: 20 секунд денатурация при +94 °C, 30 сек.унд отжиг праймеров при +58 °C, 40 секунд элонгации при +72 °C; заключительная элонгация 10 минут при +72 °C. Анализ размеров амплифицированных фрагментов проводили на автоматическом генетическом анализаторе НАНОФОР 05. Обработку данных осуществляли в программе GeneMarker V3.0.1. В макросе Microsoft Excel GenAlEx 6.503 рассчитывались следующие генетические параметры: Na – число аллелей, Na (ср.) – среднее число аллелей, Ne – эффективное число аллелей, I – индекс разнообразия Шеннона, Ho – наблюдаемая гетерозиготность, He – ожидаемая гетерозиготность [225]. Байесовский анализ осуществлен в программе STRUCTURE 2.3.4 [162]. Дендрограмма UPGMA с коэффициентом Dice и график PCoA построены в программе Past 2.17 на основе бинарной матрицы [188].

Статистические анализы проведены с помощью пакета статистических программ StatSoft Statistica 10.0 [85]. Дисперсионный анализ и расчет t-критерия Стьюдента по Доспехову [29], кластерный анализ [36]. Визуализация данных проведена с использованием программного обеспечения R версии 4.5.2 [185; 201]. и Microsoft Excel 2013. Экономическая эффективность рассчитана по методу Боева А.Н. [47].

ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Оценка гибридных форм ореха грецкого по комплексу хозяйственно-ценных признаков

Анализ фенологических фаз включал оценку начала вегетации по стадиям раскрытия почек, начало и конец восприимчивости женских цветков, начало и конец выделения пыльцы мужскими соцветиями, сроки созревания плодов и листопад. Учеты данных фенологических фаз начала распускания почек и цветения проводили с интервалом 3-4 дня в период с 20 марта по 25 мая, сроки созревания плодов и листопад отмечали в сентябре-октябре.

Температурный фактор играет важную роль в прохождении растениями фенологических фаз развития. Орех грецкий относится к группе теплолюбивых и светолюбивых культур. Для нормального роста и плодоношения он нуждается в накоплении суммы активных температур (выше $+10^{\circ}\text{C}$) не менее 2000°C длительности безморозного периода 190-240 дней. В годы исследований накопление сумм активных температур составило 4169°C в 2022 году, 4632°C в 2023 и 4659°C в 2024 году, в 2025 году 4411°C (рисунок 10).

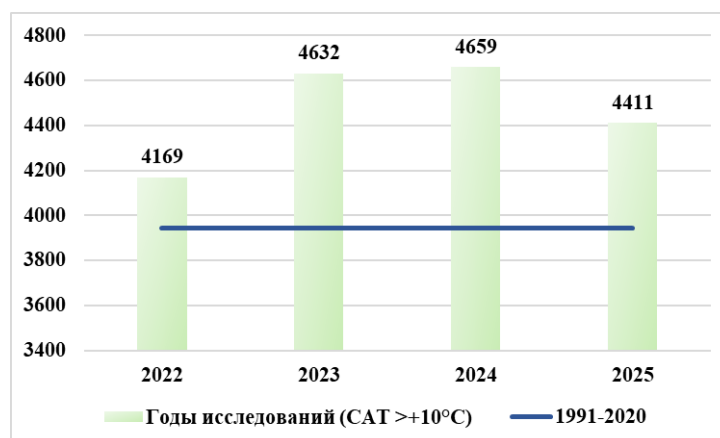


Рисунок 10 – Показатели суммы активных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ за весь период вегетации в годы исследований

3.1.1 Закономерности прохождения фенологической фазы развития «распускание почек» ореха грецкого

Дата распускания почек является одним из важнейших признаков сортов грецкого ореха. Поздние весенние заморозки могут негативно влиять на стабильность, количество и качество урожая грецкого ореха. Происходящие климатические изменения, в частности глобальное потепление в будущем могут привести к сдвигам фенологических фаз развития ореха грецкого, что необходимо учитывать при планировании размещения насаждений в определенных климатических условиях.

Оценка признака «срок распускания почек» у изучаемых гибридных форм ореха грецкого проводилась посредством подсчета средней доли распутившихся верхушечных и боковых почек. Дата начала распускания почек в годы наблюдений приходилась на третью декаду марта-первую декаду апреля. Установлено, начало вегетационного периода гибридных форм ореха грецкого в 2022-2025 годах в среднем происходило с 27 марта по 4 апреля (Приложение А). Срок начала вегетационного периода у исследуемых форм ореха грецкого в климатических условиях Прикубанской зоны Краснодарского края приходится на третью декаду марта- первую декаду апреля и находится в прямой зависимости от темпов накопления суммы активных температур в весенний сезон (рисунок 11).

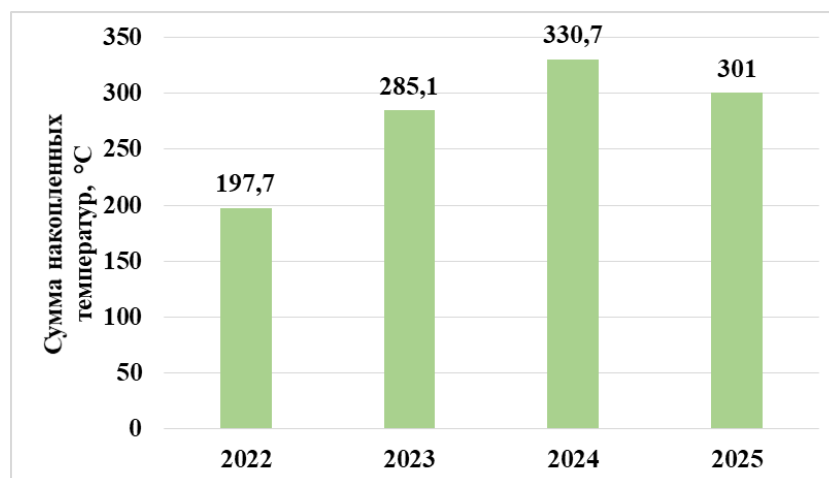


Рисунок 11 – Динамика суммы активных температур на момент начала распускания почек в 2022-2025 гг.

Анализ фенологических данных по годам позволил выявить следующую динамику. В 2022 году фаза «начало вегетации» у гибридных форм ореха грецкого наблюдалась в период с 28 марта по 11 апреля при среднемесячной температуре марта равной 2,9 °С, что на 3,5 °С меньше среднемноголетней температуры. Раннее начало вегетации (28 марта-1 апреля) отмечено у гибридов: 17-1-1, 17-1-2, 17-1-4, 17-1-14, 17-3-11, 17-4-18, 13-48-23, Родина(к). Более поздние сроки начала распускания почек зафиксированы у группы гибридов: 17-1-18, 17-2-23, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-10, 17-6-6, 17-6-18, 17-6-24, 13-34-23, 13-35-23, 13-42-23, 13-45-23, 13-64-23, 13-92-23.

Начало распускания почек в 2023 зафиксировано в среднем на восемь дней раньше (с 22 марта по 06 апреля) по сравнению с 2022 годом, что обусловлено интенсивным потеплением в марте и ускоренным накоплением суммы активных температур. Среднемесячная температура марта в 2023 году составила 8,7°С, что на 2,3 °С выше среднемноголетней и на 5,8 °С выше относительно температуры марта 2022 года. Раннее наступление вегетации отмечено у гибридов: Родина(к), 17-1-1, 17-1-2, 17-1-4, 17-1-11, 17-1-14, 17-1-16, 17-2-5, 17-3-8, 17-3-11, 17-4-18, 13-46-23. Позднее распускание плодовых почек наблюдалось у образцов: 17-1-18, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-10, 17-6-6, 17-6-16, 17-6-18.

В 2024 году начало вегетации гибридных образцов совпало с показателями 2023 года – 23 марта-02 апреля. Температура марта составляла 7,4 °С, что на 1,3 °С ниже, чем в 2023 году. Ранняя инициация вегетации зарегистрирована у форм: 17-3-8, 17-4-18, 17-5-8, 17-6-24, 13-46-23. Поздние даты распускания почек относительно среднего значения отмечена у гибридов: 17-1-11, 17-1-18, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-2-25, 17-5-5, 17-5-6, 13-102-23.

В 2025 году вегетационный период стартовал на 1–2 дня позже (25 марта – 04 апреля) по сравнению с 2023–2024 гг. Несмотря на холодный конец зимнего периода (февраль – -3,07 °С), март 2025 отличается самой высокой среднемесячной температурой, равной 9,6 °С. Ранняя вегетация зафиксирована у

гибридов: Родина(к), 17-1-1, 17-1-2, 17-1-14, 17-1-16, 17-2-5, 17-3-8, 17-3-11, 13-35-23, 13-42-23, 13-44-23, 13-45-23, 13-49-23, 13-54-23. Позднее начало вегетации отмечено для: 17-1-18, 17-5-10, 13-34-23, 13-46-23, 13-48-23, 13-52-23, 13-55-23, 13-64-23, 13-70-23, 13-92-23, 13-102-23.

На основании проведённого анализа можно заключить, что временная динамика вегетационного периода гибридных форм ореха грецкого обусловлена метеорологическими условиями конкретного года. Гибриды с устойчиво поздними сроками начала вегетации по совокупным данным 2022-2025 (например, 17-1-18, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-2-25, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-10, 17-6-6, 17-6-16, 17-6-18, 13-55-23, 13-64-23, 13-92-23, 13-102-23), представляют селекционную ценность как потенциальные источники признака «позднее начало вегетации», позволяющего минимизировать риски повреждения растений возвратными весенними заморозками.

Этапы прохождения фенофазы «распускание почек» проиллюстрированы на рисунке 12.



Рисунок 12 – Фенологические фазы «распускание почек» гибридных форм ореха грецкого

Наиболее приоритетными являются гибридные формы, вступающие в фазу раскрытия почек позднее, что позволяет избежать влияния такого негативного фактора как поздневесенние заморозки. Изученные селекционные формы разделены на несколько групп: рановегетирующие, средневегетирующие, поздневегетирующие (таблица 2).

Таблица 2 – Группы образцов по срокам наступления фенофазы «распускание почек»

Срок наступления фенофазы	Гибридная форма
Рановегетирующие	Родина(к), 17-1-1, 17-1-2, 17-1-4, 17-1-14, 17-1-16, 17-2-5, 17-3-8, 17-3-11, 17-4-18, 17-5-24, 13-54-23
Средневегетирующие	17-1-11, 17-2-25, 17-5-8, 17-5-19, 17-6-16, 17-6-24, 13-34-23, 13-35-23, 13-42-23, 13-44-23, 13-45-23, 13-46-23, 13-48-23, 13-49-23, 13-52-23, 13-55-23, 13-64-23, 13-70-23
Поздневегетирующие	17-1-18, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-10, 17-6-6, 17-6-18, 13-92-23, 13-102-23

Проведенный анализ уровня дисперсии внутри выборки по годам позволил оценить степень изменчивости дат распускания почек по каждому году. Значения дисперсии равны 14,96, 2,17, 2,44, 6,8 в 2022, 2023, 2024 и 2025 гг. соответственно. Наиболее синхронно почки распускались в 2023 и 2024 годах. В 2025 году дисперсия выросла по сравнению с двумя предыдущими годами, но осталась существенно ниже, чем в 2022 году. Это может быть связано со значительным варьированием среднемесячной температуры в феврале – марте. Известно, что температурные условия ранневесеннего периода являются одним из ключевых факторов, влияющим на распускание почек [230; 252]. Нами было проведено сопоставление показателей среднемесячной температуры в марте в годы наблюдений. Среднемесячная температура марта в 2023 году составила 8,8 °С, что на 5,9°С выше, чем в 2022 (2,9 °С). Средняя температура марта в 2024 году составила 7,5°С (разница с 2023 годом - 1,3 °С). 2024 год характеризовался контрастной ранней весной: холодным февралем (-3,07 °С и теплым мартом +9,6 °С. Среднемесячная температура марта 2025 года (+9,6 °С) превысила показатель

теплого марта 2023 года (+8,8 °C). Общая теплообеспеченность периода февраль-март в 2025 году была самой низкой за четырехлетний период наблюдений (+3,27°C), что в первую очередь обусловлено холодным февралем. (рисунок13).

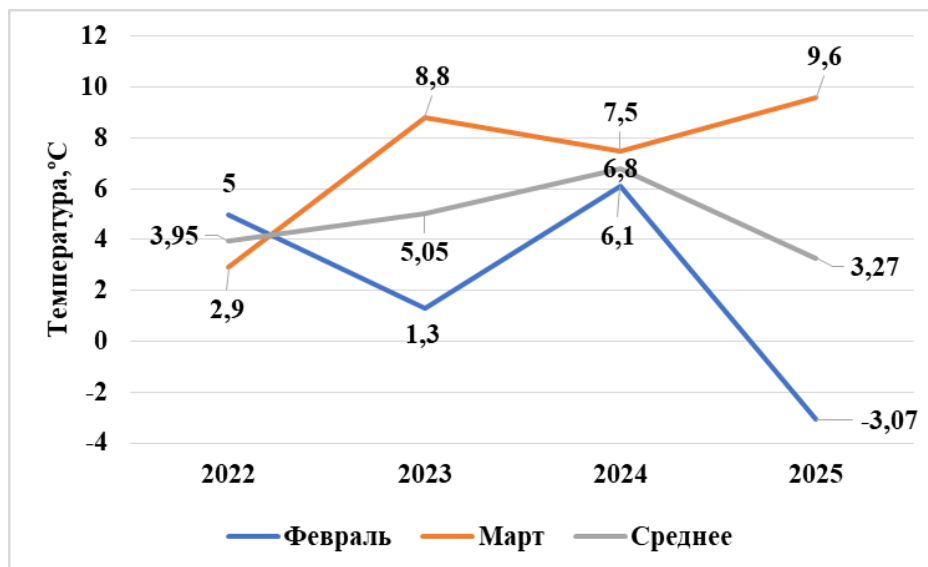


Рисунок 13 – Среднемесячная температура февраль-март 2022-2025 гг.

Сложившиеся погодные условия в годы исследований оказывали влияние на срок начала распускания почек. Очевидно, что наиболее существенные различия в сроках распускания почек 2022 года от 2023 и 2024 могут быть объяснены более значительными различиями температурных условий марта.

С помощью однофакторного дисперсионного анализа проведена количественная оценка влияния условий года на вариативность дат распускания почек (таблица 3).

Таблица 3 – Количественная оценка влияния условий года на распускание почек

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
Между годами	3	2049,33	179,82**	34,21	84,1
Остаточная	116	11,39	—	6,50	15,9
Примечание: ** при $p < 0,05$					

Изученные генотипы показали достоверное различие по признаку «срок распускания почек» под влиянием условий года. Влияние фактора "год" на изменчивость сроков составило 84,1 %.

Для анализа статистической достоверности отличий среднего количества дней от 1 марта, соответствующих распусканию почек в ряду лет использовали t-критерий Стьюдента. Установлены статистически значимые различия между 2022 и 2023 гг. (36,68 и 25,62 дня, $t=14,56$ при $p<0,01$), между 2023 и 2024 гг. (25,62 и 23,69 дней, $t=4,84$ при $p<0,01$), между 2022 и 2024 (36,68 и 23,68 дней, $t=16,97$ при $p<0,01$), между 2022 и 2025 (36,68 и 27,98 дней, $t=10,88$ при $p<0,01$), между 2023 и 2025 (25,62 и 27,97 дней, $t=-4,59$ при $p<0,01$), между 2024 и 2025 гг. (23,69 и 27,97 дней, $t=-8,4$ при $p<0,01$).

Таким образом, анализ по данному признаку установил достоверное влияние погодных условий марта на него, равное 84 %. Температурный режим марта является решающим фактором, определяющим средний срок распускания почек ореха грецкого. Самый поздний срок распускания почек отмечен в холодном 2022 году, самый ранний – в теплом 2024 году. Промежуточное положение занимает 2025 год, несмотря на теплый март, общая задержка начала вегетации может быть связана с холодным февралем (самая низкая среднемесячная температура за все 4 года наблюдений), который затормозил выход почек из состояния покоя. Внутригодовая синхронность наиболее высока в годы с устойчиво теплой ранней весной (2023, 2024 гг.). Годы с контрастными (2025 год – холодный февраль, теплый март) или холодными (2022 год) условиями приводят к увеличению разброса дат распускания почек между отдельными гибридными формами, что может указывать на различную чувствительность изучаемых гибридов к температурным колебаниям в конце зимы-начале весны.

Проведенные наблюдения позволили выявить формы, обладающие наиболее поздними сроками распускания почек/начала вегетации, которые представляют высокую ценность для селекции - 17-1-18, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-10, 17-6-6, 17-6-16, 17-6-18, 13-55-23, 13-64-23, 13-92-23, 13-102-23.

3.1.2 Особенности прохождения фенологической фазы «цветение» у гибридных форм ореха грецкого

Фаза цветения является важным процессом развития ореха грецкого, так как в результате происходит завязывание и развитие плодов, таким образом обеспечивая будущий урожай сорта. Выращивание сортов в конкретных агроклиматических условиях зависит, в том числе и от фенологических особенностей сорта. Признаки начало и конец цветения мужских и женских соцветий ореха грецкого были изучены в течение четырех лет исследований. На рисунке представлены этапы развития мужских соцветий (рисунок 14).



Примечания: 1- начало роста, 2 – начало раздвижения цветочных чешуй, 3 – начало выделения пыльцы, 4 – конец выделения пыльцы

Рисунок 14 – Этапы развития мужских соцветий ореха грецкого

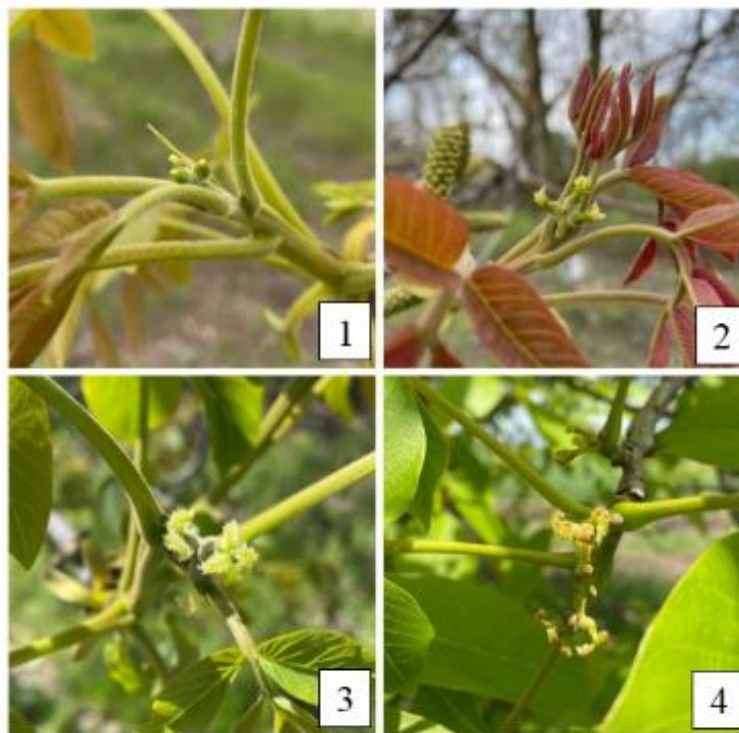
Начало цветения мужских соцветий приходилось на вторую-третью декаду апреля (Приложение Б). Фаза развития «дата начала выделения пыльцы» в 2022

году наблюдалась в период с 15 апреля по 7 мая. Раннее цветение (15 апреля-22 апреля) отмечено у девяти форм – 17-1-2, 17-1-4, 17-1-14, 17-3-11, 17-6-16, 13-42-23, 13-44-23, 13-49-23, 13-70-23. Позднее цветение (5 -7 мая) у пяти гибридов 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-2-25. Даты окончания выделения пыльцы варьировали от 27 апреля до 16 мая. Продолжительность выделения пыльцы мужскими соцветиями составляла от 5 до 17 дней. В 2023 начало выделения пыльцы мужскими соцветиями наблюдалось в период с 12 апреля по 10 мая, конец пыления отмечен с 20 апреля по 15 мая. У семи гибридных форм отмечено раннее цветение (12-16 апреля): 17-1-1, 17-1-2, 17-1-4, 17-1-11, 17-3-11, 13-44-23, 13-70-23. Цветение поздноцветущих форм наблюдалось 2-10 мая – 17-2-23, 17-5-5, 13-64-23, 13-102-23. Продолжительность выделения пыльцы мужскими соцветиями составляла от 3 до 18 дней.

2024 год характеризовался началом выделения пыльцы с 11 апреля по 21 апреля, даты окончания выделения пыльцы наблюдались с 16 апреля по 26 апреля. Продолжительность выделения пыльцы была в пределах 2-10 дней. Ранние формы, характеризующиеся ранним цветением 11-12 апреля – 17-1-14, 17-3-8, 17-3-11, 17-5-10, 17-6-6, 13-42-23, 13-46-23, 13-49-23, 13-70-23. Гибридные формы с поздним сроком цветения (20-21 апреля) – 17-2-14, 17-2-16, 17-2-20, 17-2-23, 17-5-5, 17-5-24, 17-6-18, 13-92-23.

В 2025 году начало цветения мужских соцветий наблюдалось с 12 апреля по 1 мая. Окончание цветения пришлось на 17 апреля-8 мая. Продолжительность выделения пыльцы составила 3-10 дней. Формы 17-1-1, 17-1-4, 17-1-14, 17-3-11, 17-6-24, 13-34-23, 13-42-23 характеризовались ранними сроками начала выделения пыльцы (12-15 апреля). Поздние формы цвели 29 апреля-1 мая – 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-23, 17-5-5, 13-48-23, 13-64-23, 13-92-23, 13-102-23.

Фенологические наблюдения позволили сделать вывод, что женские соцветия также цвели в зависимости от условий года с разной продолжительностью и в разное время в зависимости от сложившихся погодных условий конкретного года (Приложение В). Отмечены этапы развития женского соцветия (рисунок 15).



Примечания: 1 – начало появления женских цветков, 2 – начало восприимчивости рылец, 3 – пик восприимчивости рылец, 4 – конец восприимчивости рылец

Рисунок 15 – Этапы развития женских соцветий ореха грецкого

Начало фенофазы «цветение женских цветков» в 2022 отмечено в период 19-22 апреля у ранних форм – Родина (к), 17-2-5, 17-5-19, 17-5-24, 17-6-6, 13-48-23, наиболее позднее начало фазы пришлось на 1-5 мая у форм Родина (к), 17-1-11, 17-2-5, 17-2-23, 17-3-8, 17-5-6, 17-5-10, 17-5-19, 17-5-24, 17-6-6, 17-6-16, 17-6-18, 13-46-23, 13-48-23, 13-54-23, 13-64-23, 13-92-23, 13-102-23. Период восприимчивости женских цветков варьировал от 19 апреля до 26 мая в 2022.

Раннее цветение в 2023 году отмечено с 11-17 апреля у форм Родина (к), 17-1-16, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-23, 17-3-8, 17-4-18, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-10, 17-5-24, 17-6-6, 13-44-23, 13-45-23, 13-46-23, 13-48-23, 13-64-23, 13-70-23, 13-102-23. Поздние формы цвели 1-3 мая – 17-2-23, 17-3-8, 17-4-18, 17-5-6, 17-5-10, 17-6-6, 13-46-23, 13-64-23, 13-102-23. Период восприимчивости женских цветков был в пределах 11 апреля – 12 мая.

В 2024 году наиболее ранние образцы зацвели 9-11 апреля – Родина (к), 17-1-16, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-14, 17-2-16, 17-5-24, 13-48-23. 18-20 апреля начало цветения отмечено у образцов 17-1-1, 17-3-8, 17-4-18, 17-5-6, 17-5-10, 17-5-19, 17-

6-6, 17-6-16, 13-34-23, 13-35-23, 13-49-23, 13-54-23, 13-92-23. Период восприимчивости наблюдался в период с 9 апреля по 25 апреля. В среднем продолжительность периода восприимчивости женских цветков находилась в пределах 4-25 дней.

В 2025 году начало цветения отмечено с 7 апреля по 20 апреля, окончание наблюдалось в интервале 13 апреля - 8 мая. К группе раноцветущих относятся формы (07-13 апреля) – Родина (к), 17-1-16, 17-1-18, 17-2-5, 13-44-23, 13-45-23. Позднее остальных (27 апреля-1 мая) зацвели гибриды 17-1-11, 17-1-14, 17-2-23, 17-5-6, 17-5-10, 17-6-6, 17-6-16, 13-46-23, 13-64-23, 13-102-23.

Исходя из результатов фенологической оценки видно, что все фазы развития наступали раньше на 6-8 дней относительно предыдущего года наблюдения, что может быть обусловлено сложившимися погодными условиями в зимне-весенний период 2023, 2024 годов. Известно, что наиболее важный климатический фактор, влияющий на процесс цветения ореха грецкого – это средняя температура воздуха. В период исследований 2022-2024 гг. средняя температура воздуха колебалась в пределах 2,9 – 7,5 °С в марте, 13,4- 17 °С в апреле. Средняя температура марта-апреля в 2022 году была равна 8,15 °С, в 2023 году 10,65 °С, в 2024 году 12,25 °С, в 2025 – 10,5 °С. В 2024 году температурный показатель превышал 2022 на 4,1 °С и 2023 на 1,6 °С.

На рисунке 16 представлены зависимость начала цветения мужских и женских соцветий в зависимости от среднемесячной температуры марта и апреля.

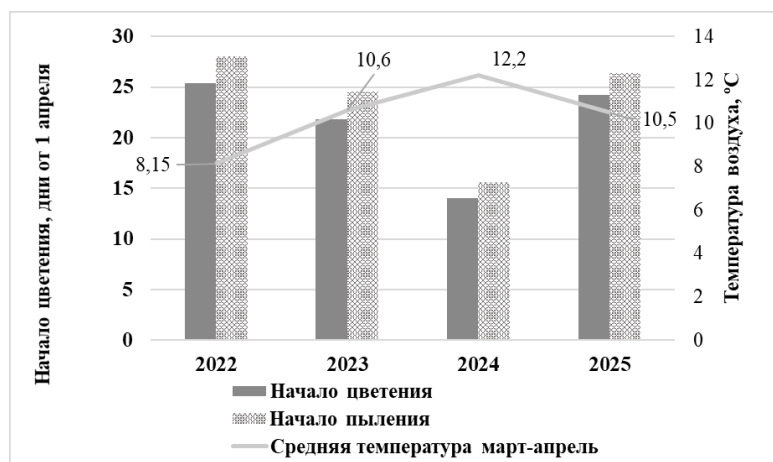


Рисунок 16 – Зависимость начала цветения ореха грецкого от среднемесячной температуры марта и апреля

На графике показана четкая обратная зависимость: с повышением средней температуры марта-апреля сроки начала цветения сдвигаются на более ранние даты. Проведенный корреляционный анализ Пирсона подтверждает данную зависимость (начало женского цветения и температура $r=-0,94$, начало мужского цветения и температура $r=-0,92$ при $p<0,01$).

Проведена количественная оценка влияния условий года на цветение с помощью дисперсионного анализа (таблица 4).

Таблица 4 –Влияние условий года на цветение ореха грецкого (2022-2025 г.)

Изменчивость	Степени свободы	Средний квадрат	Критерий Фишера	Дисперсия	Доля влияния, %
Начало цветения женских цветков					
Между годами	3	2248,74	52,18**	38,52	66,7
Остаточная	160	43,09	—	19,20	33,3
Конец цветения женских цветков					
Между годами	3	8246,92	178,45**	146,23	86,9
Остаточная	160	46,21	—	22,02	13,1
Начало пыления мужских соцветий					
Между годами	3	2118,56	46,23**	35,86	61,4
Остаточная	160	45,73	—	22,56	38,6
Конец пыления мужских соцветий					
Между годами	3	4958,34	89,64**	87,92	74,5
Остаточная	160	55,32	—	30,05	25,5
Примечание: **При $p < 0,01$					

Из таблицы 4 видно, что условия года достоверно влияют на начало цветения мужских и женских соцветий. Наибольшая доля влияния года отмечена для конца цветения женских цветков (86,9 %), что свидетельствует о сильной зависимости продолжительности этой фазы от погодных условий. Дисперсионный анализ позволил выявить изменчивость и достоверно подтвердить, что влияние условий года существенно для сроков цветения. Сроки начала цветения мужских и женских соцветий (среднее количество дней от 1 апреля) сравнивали между годами с помощью t-критерия Стьюдента (таблица 5). Установлены статистически значимые различия по признакам «начало и конец развития женских цветков», «начало цветения мужских цветков» в 2022-2024 годах и «окончание цветения мужских

соцветий» в 2023-2024, 2022-2024 годах. Признак «окончание цветения мужских соцветий» в 2022-2023 году не показал значимых различий.

Таблица 5 – Результаты расчета t-критерия Стьюдента для сравнения сроков начала цветения между годами

Сравниваемые годы	Начало цветения	Конец цветения	Начало пыления	Конец пыления
	t-значение	t-значение	t-значение	t-значение
2022-2023	3,25**	8,42**	3,01**	0,85
2022-2024	14,87**	21,44**	11,92**	12,95**
2022-2025	1,96*	4,78**	1,45	3,12**
2023-2024	9,31**	1563**	7,85**	10,88**
2023-2025	-1,45	-3,12**	-1,89*	2,41*
2024-2025	-11,23**	-16,89**	-9,04**	-9,12**

По срокам цветения женских цветков образцы сгруппированы на рано-; -средне; -поздноцветущие. По результатам четырехлетних наблюдений по срокам наступления даты начала восприимчивости женских цветков образцы можно разделить на 3 группы (таблица 6).

Таблица 6 – Группировка гибридных форм ореха грецкого по срокам цветения

Группа по срокам цветения	Гибридная форма
Раноцветущие	Родина (к), 17-1-16, 17-1-18, 17-2-5, 17-5-24, 13-44-23, 13-45-23, 13- 48-23, 13-70-23
Среднецветущие	17-1-1, 17-1-2, 17-1-4, 17-1-11, 17-1- 14, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-25, 17-3-11, 17-5-5, 17-5-8, 17-6-18, 17-6-24, 13-42-23, 13-52-23, 13-55-23
Поздноцветущие	17-2-23, 17-3-8, 17-4-18, 17-5-6, 17-5-10, 17-5-19, 17-6-6, 17-6-16, 13-34-23, 13-35-23, 13-46-23, 13-49-23, 13-54-23, 13-64-23, 13-92-23, 13-102-23

3.1.3 Изучение особенностей признака «тип цветения» гибридных форм ореха грецкого

На основе полученных данных по срокам начала и окончания цветения мужских и женских соцветий проведения оценка типа цветения и степени

дихогамии изученных гибридных форм. Несмотря на самосовместимость ореха грецкого, дихогамная природа цветения ореха грецкого может затруднять процесс опыления. Для того, чтобы добиться более высокой урожайности деревьям ореха грецкого требуется перекрестное опыление. Знания о типе цветения важны при подборе опылителей. Гомогамный и протогиничный типы цветения представляют особый интерес для селекции новых сортов ореха грецкого, так как большинство существующих сортов имеют протандричную природу цветения.

В рамках данной работы проведена оценка степени дихогамии и типа цветения гибридных форм ореха грецкого (Приложение Г, Д). Степень дихогамии достаточно сильно варьируется в зависимости от условий года. Так, в 2022 полное (100 %) несовпадение цветения мужских и женских цветков наблюдалось у шести форм, отсутствие дихогамии отмечено у трех гибридов. Неодновременное цветение в 2023 году выявлено у 15 форм. В 2024 году 100 % степень дихогамии выявлена у 22 гибридных форм, шесть форм отличались низкой степенью дихогамии. Наконец в 2025 году у 21 формы отмечено дихогамное цветение. В 2024 году наблюдалась более короткая фаза цветения так, как весенний период отличался высокой среднемесячной температурой (+12,2 °C) по сравнению с предыдущими годами исследований, что повлияло на продолжительность фазы цветения как мужских соцветий, так и женских цветков.

Образцы, степень дихогамии которых менее 50 % и имеющие минимум 6 дней перекрытия в восприимчивости пестиков и периоде выделения пыльцы считались гомогамными [256]. Остальные формы в зависимости от начала цветения мужских или женских форм относились либо к протандричным формам (начало цветения мужских соцветий раньше начала цветения женских цветков), либо к протогиничным (женские цветки цветут раньше мужских).

Динамика распределения типов цветения в исследуемой выборке растений за четырехлетний период (2022-2025 гг.) представлена на рисунке 17.

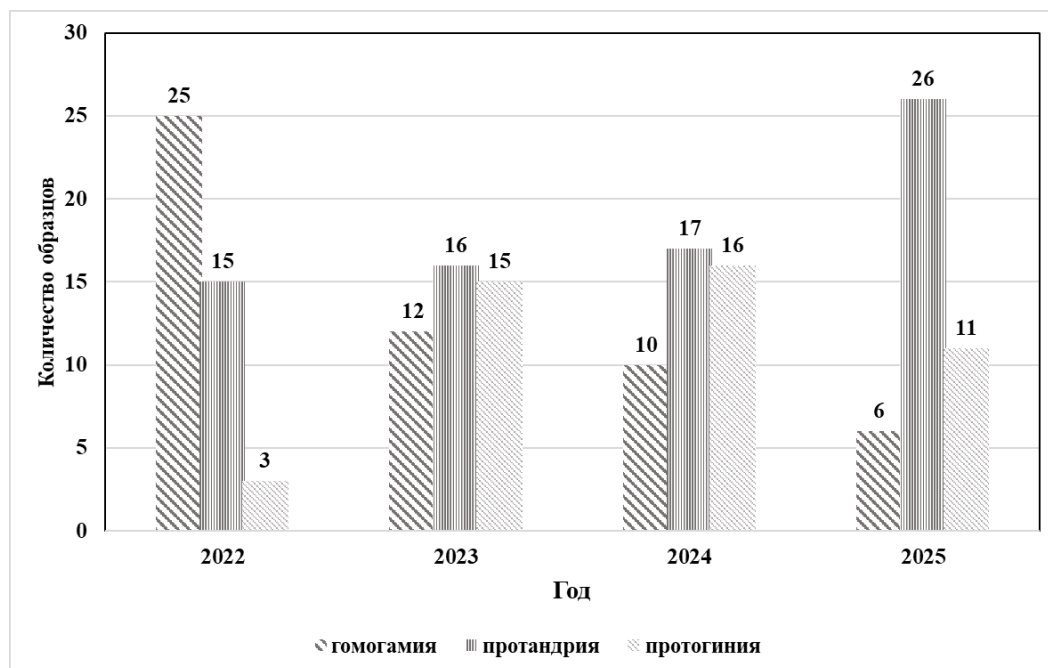


Рисунок 17 – Распределение типов цветения по годам гибридных форм ореха грецкого

Оценка распределения типов цветения за период 2022-2025 гг. позволила выявить межгодовые изменения в соотношении гомогамии, протандрии и протогинии. Гомогамный тип цветения достигал своего максимума в 2022, когда он был отмечен у 25 форм (58,1 %). В последующие годы прослеживалось последовательное сокращение числа гомогамных форм. Одновременно с этим количество форм с протандричным типом цветения возрастает начиная с 2022 (15 образцов) по 2025 год (26 гибридов). Протогиничный тип цветения характеризовался менее устойчивой динамикой: с 2022 по 2024 количество протогиничных форм возрастало с 3 до 16, однако в 2025 году протогиния отмечена у 11 образцов.

По результатам четырехлетних наблюдений все изученные формы проявили различную реакцию на погодные условия, поэтому тип цветения варьировался в зависимости от условий года. Поскольку типа цветения у многих форм варьировал по годам, для отнесения формы к определенному типу использовался устойчивый признак, наблюдавшийся не менее чем в двух годах из четырех (рисунок 18).

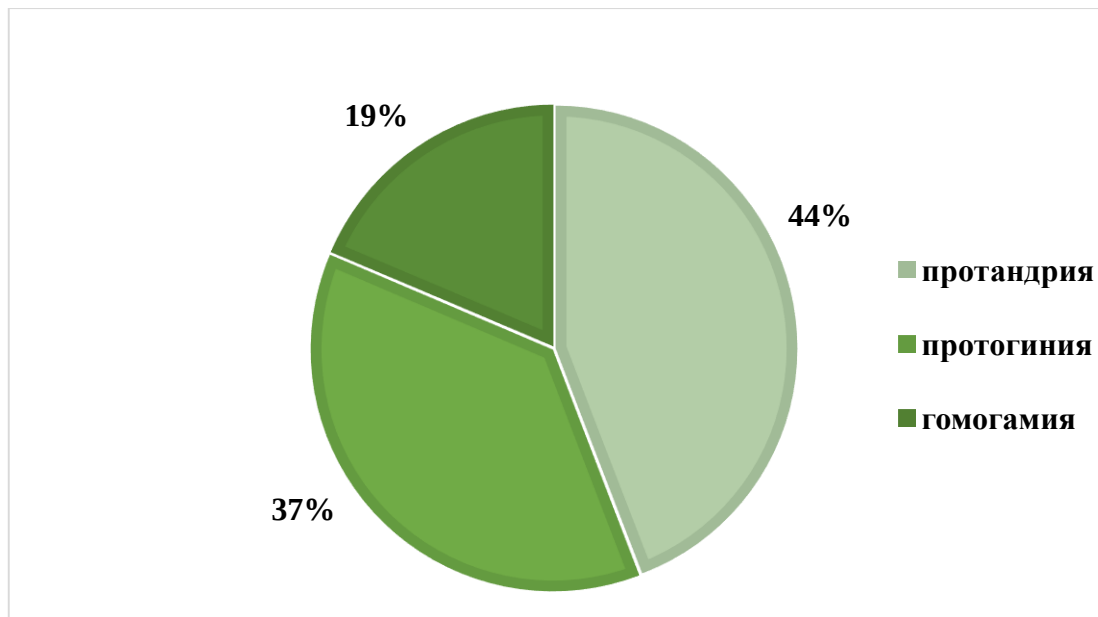


Рисунок 18 – Процентное соотношение типов цветения гибридов ореха грецкого

1. Протандричные формы – 17-1-1, 17-1-2, 17-1-11, 17-1-14, 17-3-8, 17-3-11, 17-4-18, 17-5-6, 17-5-10, 17-5-19, 17-6-6, 17-6-16, 17-6-24, 13-34-23, 13-35-23, 13-42-23, 13-46-23, 13-49-23, 13-55-23;

2. Протогиничные образцы – Родина (к), 17-1-16, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-2-25, 17-5-5, 17-5-24, 17-6-18, 13-44-23, 13-45-23, 13-48-23;

3. Гомогамные формы – 17-1-4, 17-5-8, 13-52-23, 13-54-23, 13-64-23, 13-70-23, 13-92-23, 13-102-23.

На основе выявленных закономерностей протандрического-протогинического диморфизма гибридных форм могут быть выявлены подходящие опылители. В качестве примера, на рисунке показана карта перекрытий цветения для 20 образцов, выделенных по продолжительности цветения. В приложении Е приведена карта перекрытий цветения для всех изученных образцов (рисунок 19).

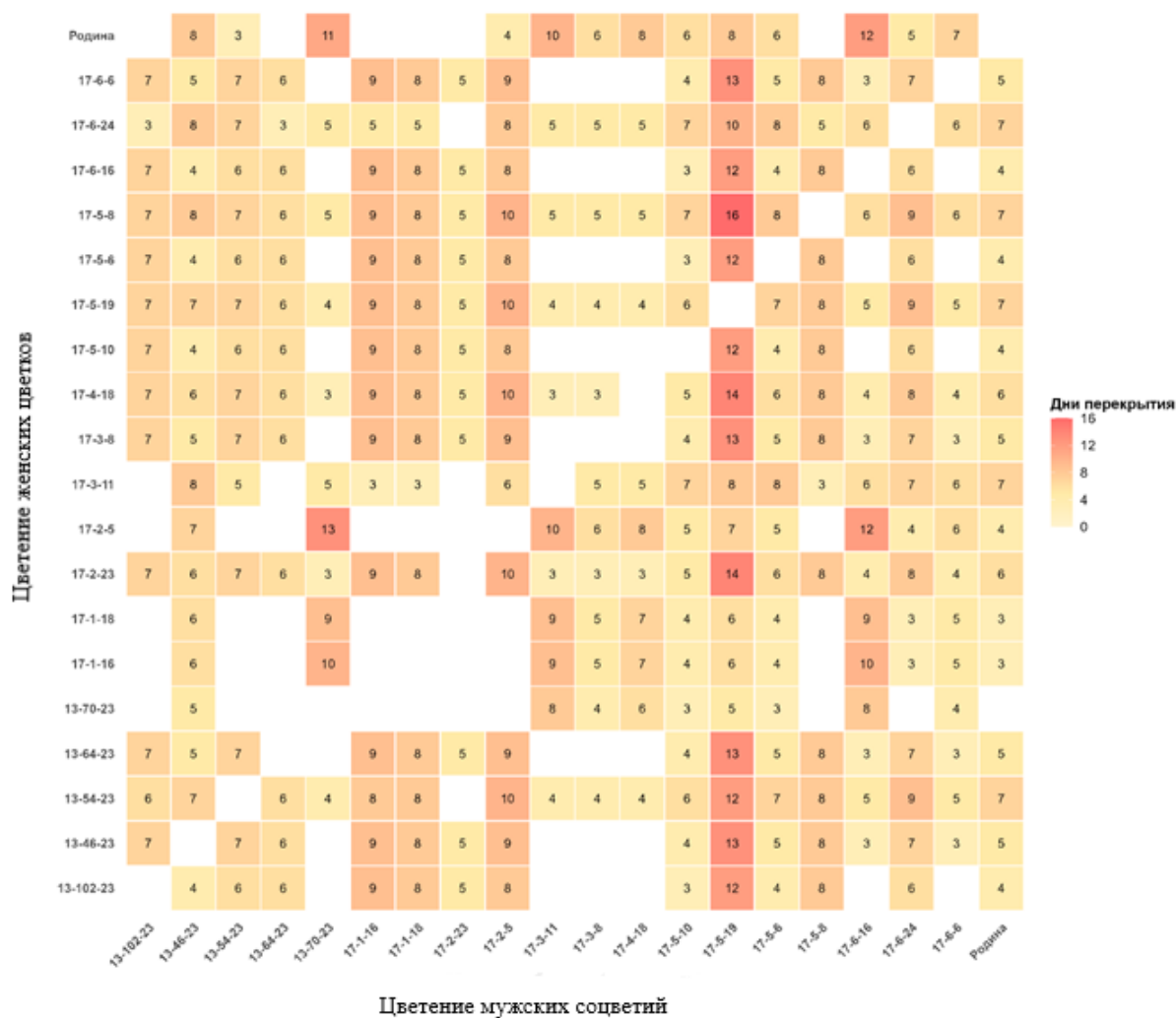


Рисунок 19– Карта перекрытий периодов цветения женских цветков (по вертикали) и мужских соцветий (по горизонтали) для 20 гибридных форм

На основе данных о сроках цветения женских и мужских соцветий у изученных образцов можно более эффективно осуществлять подбор опылителей. Так, к примеру образец 17-1-1 является опылителем для 17-1-14, 17-1-16, 17-2-14, 17-2-16, форма 17-1-16 опылитель для 17-2-23, 17-3-8, 17-5-8. Образцы 17-3-11, 17-3-8 отличаются более продолжительным периодом цветения мужских соцветий, что делает их перспективными опылителями для большого количества форм – 17-2-14, 17-2-16, 17-2-20, 17-2-25.

Таким образом, в результате четырёхлетних наблюдений изученные гибридные формы ореха грецкого были классифицированы на протандричные (19 форм), протогиничные (16 форм) и гомогамные (7 форм). Установленная высокая вариабельность типа цветения по годам подтверждает значительное влияние

погодных условий весеннего периода на данный признак. Построенные карты перекрытия периодов цветения позволяют целенаправленно подбирать опылители для повышения эффективности перекрёстного опыления в садовых посадках.

3.1.4 Изучение элементов продуктивности гибридных форм ореха грецкого

Урожайность является крайне важным хозяйственным признаком, лежащим в основе экономической эффективности возделывания любой культуры, включая орех грецкий. В селекционной работе оценка данного показателя служим одним из критериев отбора перспективных форм, способных обеспечить стабильно высокую продуктивность в конкретных почвенно-климатических условиях. Продуктивность гибридных форм в годы исследований (2022-2025 гг.) оценивалась исходя из урожайности (т/га), индекса периодичности плодоношения (Р), среднего числа завязанных плодов в соплодии, степени плодоношения. Учет степени плодоношения проводили по бальной системе от 1 до 5 баллов. Среднее число плодов в соплодии учитывали на 3–5 ветвях (по 10–15 соцветий на каждой). Учет урожая определяли взвешиванием зрелых плодов, собранных с дерева, после двухнедельной сушки при комнатной температуре. Средний урожай с одного гектара вычисляли путем перемножения среднего урожая с одного дерева на число растений на гектар, исходя из схемы посадки 10х10 метров (100 растений на 1 га) [58]. Индекс периодичности (Р) рассчитывали, как процентное отношение суммы разностей урожаев смежных лет к их общей сумме для оценки регулярности плодоношения.

Ежегодная оценка урожайности изучаемых гибридных форм ореха грецкого показала существенную вариабельность урожайности как между отдельными гибридами, так и по годам (таблица 7).

Из данных таблицы следует, что суммарная урожайность гибридных форм ореха грецкого варьировала от 3 т/га (17-6-18) до 11,4 т/га (17-2-17). Выделены формы, превышающие сорт-контроль с суммарной урожайностью 7,9-11,4 т/га: 17-1-2, 17-1-11, 17-2-17, 13-34-23, 13-45-23, 13-48-23, 13-55-23, 13-64-23.

Таблица 7 – Урожайность гибридных форм ореха грецкого, 2022-2025 гг.

Сорт, гибридная форма	Урожайность, т/га				Отклонение от контроля (%)	Сумма, т/га	Средняя урожайность, т/га	P ¹
	2022	2023	2024	2025				
Родина(к)	2,5	1,5	1,6	1,8	0	7,4	1,9	10,81
17-1-1	1,6	0,7	1,1	1,5	-36,8	4,9	1,2	10,2
17-1-2	2,0	1,5	3	1,6	+5,3	8,1	2,0	23,46
17-1-4	1,6	1,1	1,5	1,3	-26,3	5,5	1,4	12,73
17-1-11	3	1,5	3	1,8	+21,1	9,3	2,3	29,03
17-1-14	2,3	1,1	2,1	1,9	0,0	7,4	1,9	18,92
17-1-16	1,5	1,2	1,5	1,8	-21,1	6	1,5	0
17-1-18	1,2	1,6	1,1	1,5	-26,3	5,4	1,4	14,81
17-2-5	1,7	1,8	0,7	1,4	-26,3	5,6	1,4	14,29
17-2-14	1,6	1,2	1,1	1,2	-31,6	5,1	1,3	5,88
17-2-16	1,4	0,7	1,5	1,1	-36,8	4,7	1,2	23,4
17-2-17	3,0	2,5	3,5	2,4	+52,6	11,4	2,9	14,04
17-2-20	2,2	1,1	2,5	1,5	-5,3	7,3	1,8	28,7
17-2-23	1,2	1,2	1,5	1,6	-26,3	5,5	1,4	1,82
17-2-25	1,5	1,7	1,0	1,2	-26,3	5,4	1,4	7,41
17-3-8	0,9	1,0	0,5	1,1	-52,6	3,5	0,9	20
17-3-11	1,0	1,0	1,0	1,4	-42,1	4,4	1,1	9,09
17-4-18	0,5	1,0	1,2	0,9	-52,6	3,6	0,9	5,56
17-5-5	1,2	1,3	1,3	1,1	-36,8	4,9	1,2	2,04
17-5-6	2,1	1,5	1,8	1,6	-5,3	7	1,8	11,43
17-5-8	1,2	1,1	1,3	1,0	-36,8	4,6	1,2	8,7
17-5-10	1,1	0,7	1,3	1,2	-42,1	4,3	1,1	11,63
17-5-19	2	1,5	1,0	1,3	-21,1	5,8	1,5	3,45
17-5-24	1,5	2,0	1,5	1,6	-10,5	6,6	1,7	9,09
17-6-6	1,5	1,0	2,0	1,5	-21,1	6	1,5	16,67
17-6-16	0,9	0,5	1,1	1,8	-42,1	4,3	1,1	6,98
17-6-18	0,6	0,7	1,0	0,7	-57,9	3	0,8	6,67
17-6-24	2,0	0,6	1,5	1,2	-31,6	5,3	1,3	32,08
13-12-23	0,9	1	1,1	1,3	-42,1	4,3	1,1	6,98
13-34-23	2,5	2	2,2	1,5	+10,5	8,2	2,1	14,63
13-35-23	2,6	1,5	1,6	1,3	-5,3	7	1,8	20
13-42-23	1,5	1,5	1,5	1,2	-26,3	5,7	1,4	5,26
13-44-23	1	1,2	1,3	1	-42,1	4,5	1,1	2,22
13-45-23	2,3	1,8	2	1,8	+5,3	7,9	2,0	8,86
13-46-23	2	1,5	1,5	1,1	-21,1	6,1	1,5	14,75
13-48-23	3	2,3	2,2	1,3	+15,8	8,8	2,2	18,18
13-49-23	2,5	1,5	1,5	1,2	-10,5	6,7	1,7	19,4
13-52-23	2	1,5	1,5	1,2	-15,8	6,2	1,6	12,9
13-54-23	2,3	1,8	1,3	1,2	-10,5	6,6	1,7	9,09
13-55-23	3,1	2,2	1,4	1,8	+10,5	8,5	2,1	5,88
13-64-23	2,4	2,4	2,2	1,2	+10,5	8,2	2,1	12,2
13-70-23	2,1	1,7	1,8	1,7	-5,3	7,3	1,8	6,85
13-92-23	1,5	1	1,2	1,2	-36,8	4,9	1,2	10,2
13-102-23	2,2	1,5	1,5	1,5	-10,5	6,7	1,7	10,45
Среднее	1,79	1,38	1,57	1,40	-	6,1	1,6	12,2
SD ²	0,67	0,48	0,60	0,32	-	1,72	0,43	7,50
CV ³	37,7	35,1	38,5	22,9	-	27,98	27,85	61,44
HCP _{0,5}	0,25	0,21	0,24	0,17	-	0,40	0,20	0,83

Примечание: ¹P – индекс периодичности плодоношения; ²SD – стандартное отклонение; ³CV – коэффициент вариации

Средняя урожайность изученных гибридных форм ореха грецкого в 2022 году варьировала от 0,5 т/га (17-4-18) до 3,1 т/га (13-55-23). Наиболее урожайными (от 2,5 до 3,1 т/га) оказались формы: 13-55-23, 17-1-11, 17-2-17, 13-34-23, 13-35-23, Родина(к), 13-48-23.

В 2023 году отмечено общее снижение продуктивности. Урожайность варьировала от 0,5 т/га (17-6-16) до 2,5 т/га (17-2-17, 13-34-23). Выделены формы с относительно высокой урожайностью (от 2,0 до 2,5 т/га): 17-2-17, 13-34-23, 13-48-23, 13-55-23, 13-44-23.

В 2024 году урожайность находилась в пределах от 0,5 т/га (17-3-8) до 3,5 т/га (17-2-17). К высокоурожайным (от 2,2 до 3,5 т/га) отнесены формы: 17-2-17, 17-1-2, 17-1-11, 17-2-20, 13-48-23, 13-64-23, 13-34-23.

В 2025 году урожайность составила от 0,7 т/га (17-6-18) до 2,4 т/га (17-2-17). Наиболее урожайными (от 1,8 до 2,4 т/га) были гибриды: 17-2-17, 17-1-14, Родина(к), 13-45-23, 17-5-6, 13-70-23.

Для визуализации общей картины межгодовых различий построен боксплот (box-plot) распределения значений урожайности по годам наблюдений (рисунок 20). На графике отображены медиана, квартили и выбросы для каждого года, что позволило наглядно оценить изменчивость и центральные тенденции. Медиана характеризует типичное (центральное) значение показателя, квартили (верхний и нижний) являются границами боксплотов и показывают границы, внутри которых лежат 50 % всех значений. Размер ящика отражает изменчивость изучаемого показателя: чем уже ящик, тем выше однородность данных. Выбросы находятся за пределами «усов» диаграмм, то есть значения, удаленные от основной группы.

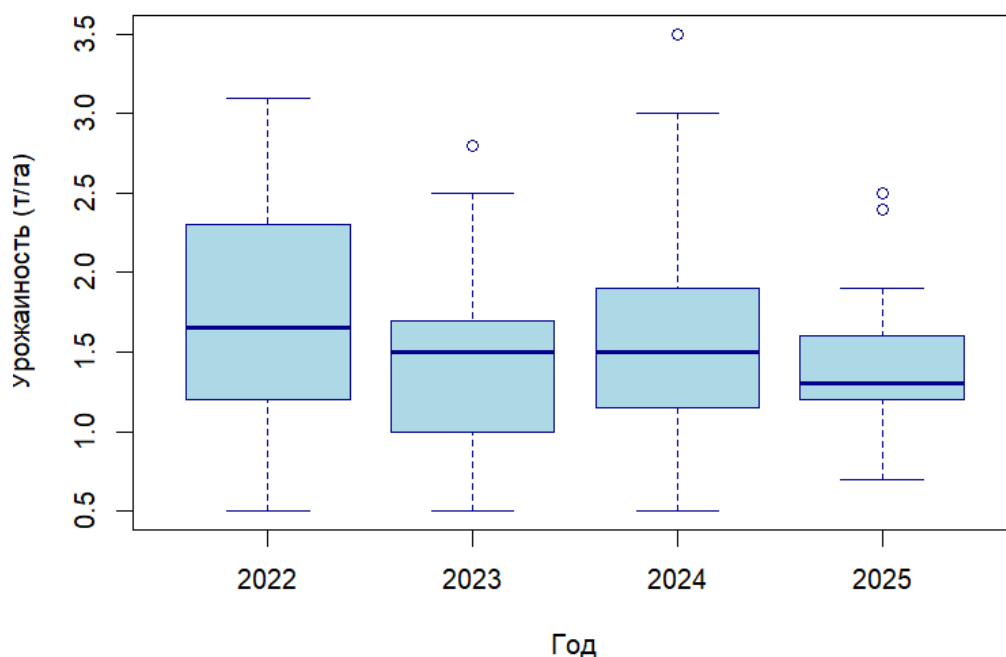


Рисунок 20 – Боксплот (box-plot) распределения значений урожайности по годам наблюдений

Средняя урожайность за четырехлетний период варьировала от 0,8 т/га (17-6-18) до 2,9 т/га (форма 17-2-17).

На основании данных о средней урожайности изученные гибридные формы были разделены на три группы: урожайные, среднеурожайные, низкоурожайные (рисунок 21).

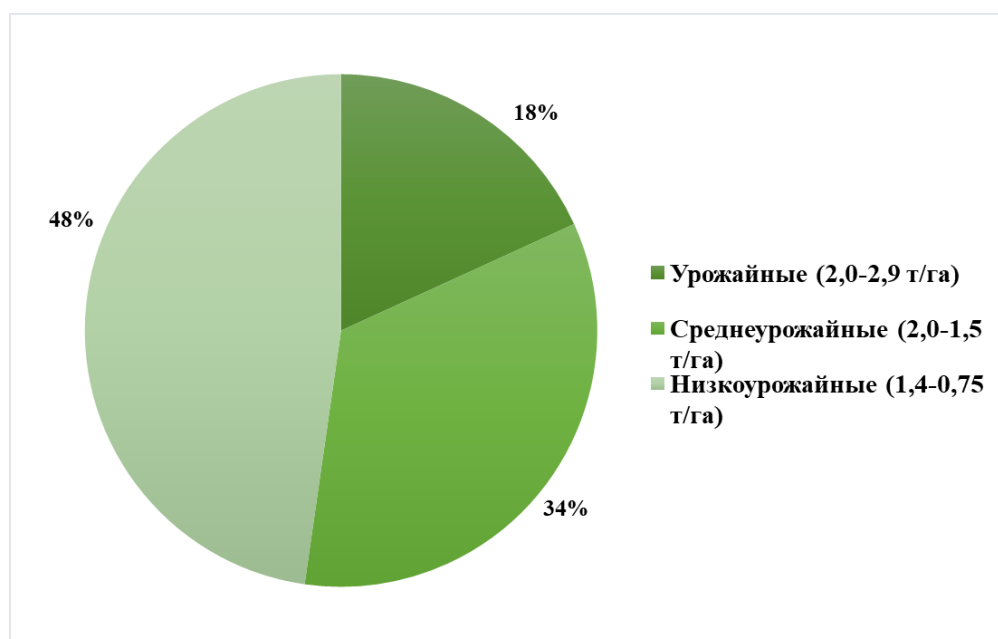


Рисунок 21 – Группировка гибридных форм ореха грецкого по признаку «урожайность»

К первой группе урожайных форм (2,0-2,9 т/га), превосходящих сорт-контроль отнесены восемь форм (18 %): 13-45-23, 17-1-2, 13-34-23, 13-64-23, 13-55-23, 13-48-23, 17-1-11, 17-2-17.

Вторая группа среднеурожайных гибридов включает 15 форм (34 %): 17-5-19, 17-1-16, 17-6-6, 13-46-23, 13-52-23, 17-5-24, 13-54-23, 13-49-23, 13-102-23, 13-35-23, 17-5-6, 13-70-23, 17-2-20, Родина(к), 17-1-14.

Низкоурожайная группа состоит из 21 образца, что составило 48 %: 17-1-1, 17-1-4, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-23, 17-2-25, 17-3-8, 17-3-11, 17-4-18, 17-5-5, 17-5-8, 17-5-10, 17-6-16, 17-6-18, 17-6-24, 13-12-23, 13-42-23, 13-44-23, 13-92-23.

Сорт-контроль Родина имел среднюю урожайность 1,85 т/га. Наиболее продуктивными формами, превосходящими сорт-контроль, оказались: 17-2-17 (2,9), 13-48-23 (2,2), 13-64-23 (2,1), 13-34-23 (2,1), 13-55-23 (2,1), 17-1-11 (2,3) и 17-1-2, 13-45-23 (2,0) (рисунок 22).

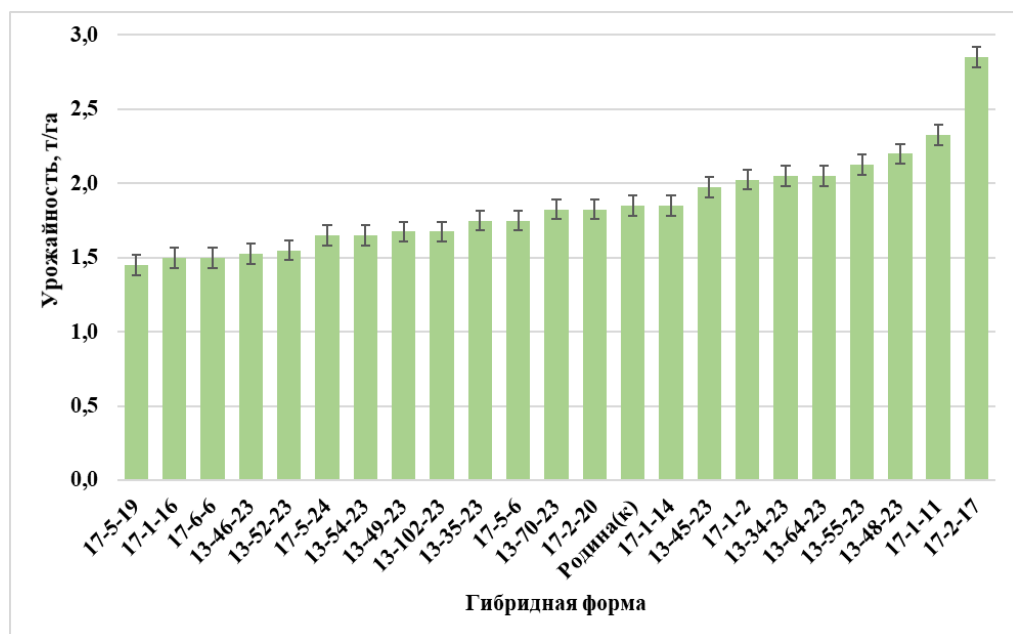


Рисунок 22 – Средняя урожайность перспективных гибридных форм ореха грецкого (2022-2025 гг.)

Индекс периодичности плодоношения (Р) рассчитан с целью оценить регулярность плодоношения гибридных форм, что является ценным

хозяйственным признаком. Индекс периодичности плодоношения представляет собой процентное отношение сумм разностей смежных лет к их сумме. В результате расчетов все гибридные формы относятся к группе ежегодно плодоносящих ($P < 40\%$). К наиболее стабильным ($P < 5\%$) отнесены формы: 17-1-16 (0,0), Родина(к) (1,85), 17-2-23 (1,82), 17-5-19 (3,45), 17-5-5 (2,04), 13-44-23 (2,22), 13-42-23 (5,26), 13-55-23 (5,88). Наибольший индекс (P) отмечен у формы 17-6-24 (32,08 %), однако он все еще находится в пределах группы ежегодно плодоносящих форм.

Среднее количество плодов в соплодии представлены в таблице (таблица 8). Количество плодов в соплодии варьировало от 1,2 до 4,9 в зависимости от гибридной формы и внешних факторов, таких как климатические условия.

Таблица 8 – Количество плодов в соплодии изученных гибридных форм ореха грецкого

Сорт, гибридная форма	Среднее число плодов в соплодии*				
	2022	2023	2024	2025	Среднее
Родина(к)	1,8	2	2	1,9	1,9
17-1-1	1,4	2	2	1,8	1,8
17-1-2	1,2	2	1,8	1,7	1,7
17-1-4	2,5	2,5	1,6	2,2	2,2
17-1-11	1,1	2	1,8	1,6	1,6
17-1-14	1,7	2,5	2	2,1	2,1
17-1-16	1,5	2	1,6	1,7	1,7
17-1-18	1,2	2	1,7	1,6	1,6
17-2-5	1,7	2	1,2	1,6	1,6
17-2-14	1,4	2	1,4	1,6	1,6
17-2-16	1,6	2	1,8	1,8	1,8
17-2-17	1,4	2	1,6	1,7	1,7
17-2-20	1,4	2	1,8	1,7	1,7
17-2-23	1,5	2	1,6	1,7	1,7
17-2-25	1	1,5	1,3	1,3	1,3
17-3-8	1,4	2	2	1,8	1,8
17-3-11	1,2	2	2	1,7	1,7
17-4-18	1,2	2	1,6	1,6	1,6
17-5-5	1,8	2	1,6	1,8	1,8
17-5-6	1,6	2	1,8	1,8	1,8
17-5-8	1,8	1,8	1,4	1,7	1,8
17-5-10	2	2,2	1,8	1,9	2,0
17-5-19	1,8	1,6	1,8	1,5	1,7

Продолжение таблицы 8

17-5-24	2	1,8	1,4	1,7	1,7
17-6-6	1,4	2	1,2	1,5	1,5
17-6-16	1,05	2	1,6	1,6	1,6
17-6-18	2,2	1,2	1,6	1,7	1,7
17-6-24	1,8	2,2	1,4	1,8	1,8
13-12-23	1,7	1,9	1,7	1,6	1,7
13-34-23	1,5	1,6	1,7	1,8	1,7
13-35-23	1,8	1,6	1,7	1,5	1,7
13-42-23	1,9	1,7	1,7	1,8	1,8
13-44-23	1,7	1,5	1,6	1,4	1,6
13-45-23	1,5	1,7	1,6	1,8	1,7
13-46-23	4,5	5,5	5	4,6	4,9
13-48-23	1,8	2,1	2,0	1,9	2,0
13-49-23	1,3	1,1	1,2	1,4	1,3
13-52-23	1,9	1,7	1,8	2,0	1,9
13-54-23	2,4	2,2	2,3	2,2	2,3
13-55-23	2,2	1,8	2,0	1,9	2,0
13-64-23	2,2	1,8	2,0	2,1	2,0
13-70-23	1,6	1,4	1,5	1,3	1,5
13-92-23	2,2	1,8	2,0	2,1	2,0
13-102-23	1,8	1,6	1,7	1,9	1,8

Среднее число плодов в соплодии у большинства форм находилось в диапазоне 1,2-2,2. Максимальные значения (2,0-2,7), превышающие показатели контроля Родина, в отдельные годы зафиксированы у форм 13-54-23, 17-1-4, 13-92-23. Гибридная форма 13-46-23 характеризуется гроздевидным плодоношением со средним числом плодов в соплодии равным 4,9 (рисунок 23). Данные формы могут быть дополнительно рекомендованы для возделывания в личных подсобных хозяйствах (ЛПХ) в связи с привлекательностью и уникальностью такого формирования соплодий. По причине высокого уровня привлекательности кроны с плодами, спросом в ЛПХ может пользоваться также и форма 13-54-23. Эти две формы обладают сдержанным ростом.

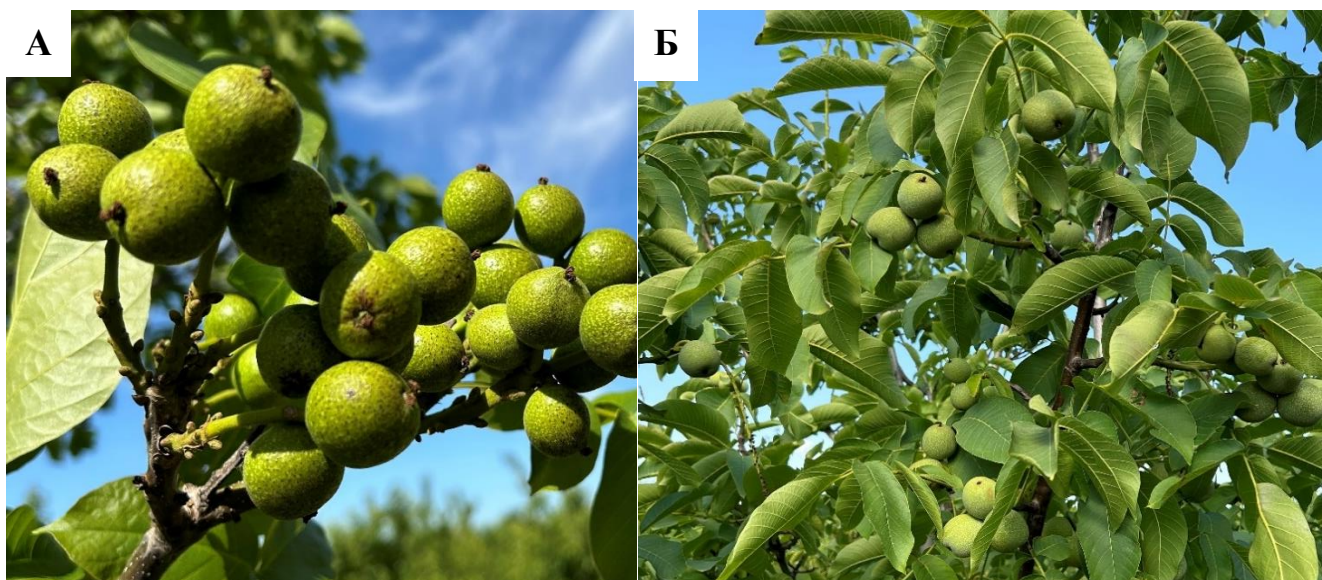


Рисунок 23 – А – гибридная форма 13-46-23 с выраженным гроздевидным плодоношением; Б – гибридная форма 13-54-23

Важнейшим селекционно-ценным признаком ореха грецкого является тип плодоношения, определяемый преобладающим расположением женских цветковых почек и соответственно плодов на дереве. Этот признак напрямую коррелирует с потенциальной урожайностью. В ходе проведения исследований была проведена оценка и классификация типа плодоношения изучаемых гибридов ореха грецкого. Было выделено три типа плодоношения:

1. Верхушечный, при котором плодоношением сосредоточено на апикальной почке побега. Формы с данным типом отличаются менее интенсивным плодоношением;

2. Боковой (латеральный) тип отличается формированием женских цветковых почек по длине побега, что обеспечивает высокую потенциальную урожайность.

3. Верхушечно-боковой тип – наблюдается как верхушечное, так и боковое расположение плодовых почек.

Преобладающим в изучаемой коллекции является верхушечно-боковой тип плодоношения, составляя 45 % (рисунок 24).

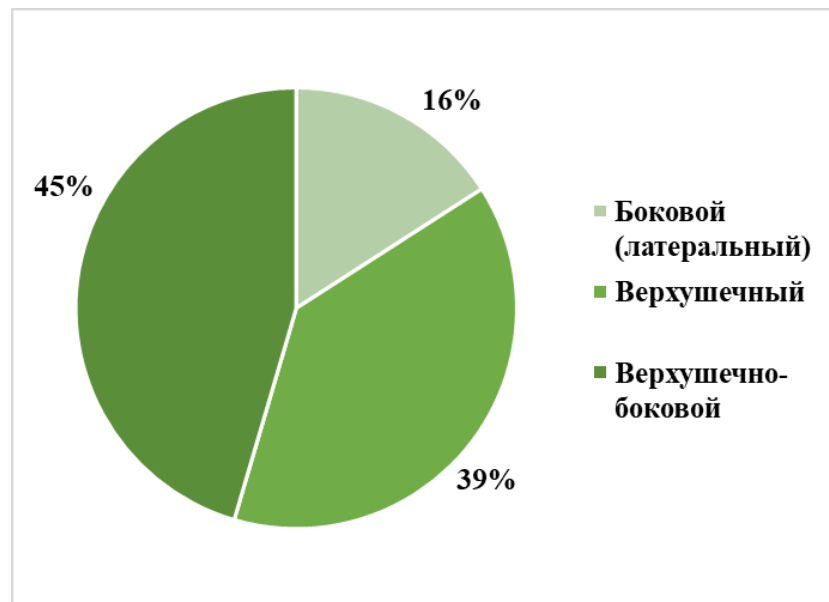


Рисунок 24 – Распределение по признаку «тип плодоношения» гибридных форм ореха грецкого

Верхушечный тип плодоношения отмечен у 39 %. Наиболее ценный в селекционном отношении боковой (латеральный) типа отмечен у семи форм: 17-1-2, 17-1-11, 17-2-17, 13-34-23, 13-35-23, 13-48-23, 13-54-23. Данные формы представляют особый интерес как источники хозяйственно-ценного признака, обеспечивающего высокую степень плодоношения и повышенную продуктивность.

Орех грецкий – сильнорослое дерево, высота которого может достигать 20-30 метров, диаметр кроны при этом может быть равен высоте [284]. (Rezaee et al., 2008). Это является одним из факторов, усложняющих выращивание ореха грецкого, так как затрудняет обрезку, агротехнические приемы, сбор плодов. Увеличение урожайности и одновременное уменьшение размера деревьев, являются важнейшими задачами селекционеров. Согласно Программе..., 1999 подходящие для использования в производстве сорта ореха грецкого должны быть сдержанного роста (6-8 м), которые при этом дают обильный урожай, что позволяет создавать сады с более плотной схемой посадки. Получение сортов с более компактной кроной позволит размещать большее количество деревьев на га. Несмотря на то, что сильнорослые деревья могут обладать более высокой

урожаемостью, большее количество деревьев сдержанного роста обеспечивает более высокую урожайность с га при более плотной посадке

Для проведения оценки параметров роста дерева: высота, диаметр кроны, объем кроны и площадь под кроной гибридные формы гибридные формы были разделены по возрасту на две группы, каждая из которых рассматривалась отдельно (таблица 9).

Таблица 9 Биометрические параметры деревьев ореха грецкого

Сорт/ гибридная форма	Высота дерева, м	Диаметр кроны, м	Площадь под кроной, м ²	Объем кроны, м ³
Родина(к)	7,5	8,0	50,0	200
17-1-1	4,0	5,0	19,0	40
17-1-2	6,5	6,0	28,0	100
17-1-4	6,5	5,0	20,0	70
17-1-11	6	6,5	38,	120
17-1-14	7,5	6,5	33,0	140
17-1-16	9	8	50,0	150
17-1-18	6,5	6,0	28,0	100
17-2-5	7,0	7,0	38,0	140
17-2-14	7,0	7,5	53,0	185
17-2-16	6,5	4,5	15,0	56
17-2-17	7,5	7,5	44,0	185
17-2-20	8,0	7,0	38,0	175
17-2-23	7,0	7,5	44,0	170
17-2-25	8,5	5,5	24,0	115
17-3-8	8,0	6,5	33,	150
17-3-11	8,5	6,5	33,0	160
17-4-18	8,0	5	20,0	89
17-5-5	7,0	7,5	45,0	170
17-5-6	8,0	7,5	45,0	200
17-5-8	7,5	7,5	40,0	185
17-5-10	7,5	7,0	38,0	160
17-5-19	8,0	8,0	50,0	220
17-5-24	8,0	7,5	43,0	200
17-6-6	8,0	7,0	38,0	170
17-6-16	7,0	6,5	33,0	130
17-6-18	8,5	6,5	33,0	160
17-6-24	7,0	6,5	30,0	130
13-12-23	3,0	3,5	24,0	11
13-34-23	4,5	5,5	20,0	51
13-35-23	5,5	6	25,0	55

Продолжение таблицы 9

13-42-23	3,5	4,5	16,0	25
13-44-23	4,5	3,5	13,0	24
13-45-23	6	5	25,0	50
13-46-23	4	2,5	7,0	16
13-48-23	5,5	5,0	25,0	60
13-49-23	4,5	5	22,0	55
13-52-23	5,0	5,5	24,0	54
13-54-23	4,5	4,0	14,0	30
13-55-23	4,5	4,0	18,0	40
13-64-23	4,0	3,5	10,0	18
13-70-23	5,0	4,5	22,0	46
13-92-23	4,0	3,0	11,0	23
13-102-23	4,5	4,0	14,0	30
Среднее	6,33	5,82	29,3	105,9
Минимум	3,0	2,5	7,0	11,5
Максимум	9,0	8,0	53,0	220,0

Формы 2001 года посадки имеют высоту дерева в среднем 7,4 м, минимальная высота составила 4 м, максимальная 10 метров. К формам со сдержанным ростом относятся (до 6 м) 17-1-1, 17-1-2, 17-1-4, 17-1-11, 17-1-18, 17-2-16. Остальные гибриды являются среднерослыми (7-10 м). Средний диаметр кроны в этой группе равен 6,7 м. Изучение параметров компактности кроны позволили выделять формы 17-1-1, 17-1-2, 17-1-4, 17-2-16, 17-4-18.

В группе более молодых форм 2008 года посадки практически все формы не превышают 6 м в высоту. Среднее значение высоты дерева равно 4,5 м, минимальное значение составило 3 м (13-12-23), максимальное 6 м (13-45-23). Выделены формы, высота дерева которых составила до 4 м: 13-12-23, 13-42-23, 13-46-23, 13-64-23, 13-92-23, 13-102-23. Средний диаметр кроны составил 4,3 м. Компактная крона до 3,5 м отмечена у форм 13-12-23, 13-46-23, 13-64-23, 13-92-23.

На рисунке показаны формы, отличающиеся по силе роста и диаметру кроны (рисунок 25). Форма 13-35-23 относится к среднерослой группе (высота дерева 5,5 м), форма 13-46-23 – слаборослая форма (4 м) с гроздевидным плодоношением и компактной кроной



Рисунок 25 – Гибридные формы ореха грецкого, контрастные по силе роста

Отобраны формы с оптимальным соотношением компактности кроны (3,5-6 м) и высокой урожайности (2,0-2,9 т/га при схеме 10х10 м.): 17-1-11, 17-1-2, 13-64-23, 13-55-23, 13-48-23 рекомендуемые для закладки интенсивных садов. Для данных образцов могут быть использованы схемы посадки 8х10; 7х10 и 8х8 м, что позволяет получить плотность посадки 125, 142 и 156 деревьев на гектар. При продуктивности дерева 20 кг урожай с одного гектара составит от 2,5 до 3,12 т, а при продуктивности дерева 29 кг урожай с одного га будет находиться в пределах 3,6 – 4,5 тонн. Очевидно, что уплотненные посадки продуктивных образцов со сдержанным ростом кроны имеют существенное преимущество по количеству получаемой продукции.

Для выявления статистически значимых различий в урожайности гибридных форм ореха грецкого между годами наблюдений был применён однофакторный дисперсионный анализ

В анализ включены данные за четырёхлетний период (2022–2025 гг.) по 44 формам, общее количество наблюдений составило 176 (таблица 10).

Таблица 10 – Данные дисперсионного анализа продуктивности гибридных форм ореха грецкого (2022-2025 гг.)

Изменчивость	Степени свободы (Df)	Средний квадрат	Критерий Фишера	Сумма квадратов (SS)	Доля влияния, %
Между годами	3	1,590	11,42***	4,77	8,77
Остаточная	172	0,289	-	49,64	91,23
Итого	175	-	-	-	-

Примечание: *** – значимо на уровне ($p < 0,001$)

Результаты дисперсионного анализа показали высокую статистическую значимость влияния фактора «год» на урожайность ($F=11,42$ при $p < 0,001$).

Так как результаты дисперсионного анализа показали статистическую значимость влияния фактора «год» на урожайность ореха грецкого, было решено провести апостериорный анализ, чтобы выявить между какими именно годами имелись статистически значимые различия. Попарные сравнения между конкретными годами были проведены с поправкой Бонферрони (Таблица 11).

Таблица 11 – Результаты пост-хок анализа для попарных сравнений урожайности между годами исследования

Сравнение	t	значимость
2022-2023	5,51	***
2022-2024	2,72	*
2022-2025	4,52	***
2023-2024	-2,14	н.с
2023-2025	-0,26	н.с
2024-2025	2,28	н.с

Проведенный попарный сравнительный анализ выявил статистически значимые различия между годами наблюдения. Наиболее выраженные расхождения зафиксированы при сравнении данных за 2022 год с показателями 2023 и 2025 годов. Кроме того, достоверные, но менее выраженные различия были обнаружены между 2022 и 2024 годами. Статистически значимое превышение

урожайности в 2022 году по сравнению с 2023-2025 гг. объясняется комплексом факторов: в 2022 году сложился оптимальный режим увлажнения, (Сумма осадков за июнь составила 150 мм), тогда как в последующие годы проявился негативный эффект засушливых условий в год вегетации или избыточного переувлажнения. Сумма осадков в марте-май 2023 составила 230 мм, что привело к развитию бактериоза.

На основании комплексной оценки всех изученных признаков (высокая и стабильная урожайность, низкий индекс периодичности, высокие показатели завязываемости плодов) к числу наиболее перспективных отнесены формы, сочетающие несколько селекционно-ценных характеристик (таблица 12).

Таблица 12 – Перспективные гибридные формы, выделенные по продуктивности

Гибридная форма	Характеристика признака
17-2-17	урожайность (2,9 т/га). Стабильность плодоношения (P=14 %).
13-48-23	Высокая урожайность (2,2 т/га) в сочетании с гроздевидным плодоношением (4,9 пл./соплодие).
13-55-23	Высокая урожайность (2,1 т/га), стабильность плодоношения (P=5,9 %)
13-64-23	Высокая урожайность (2,1 т/га), стабильность плодоношения (P=12,2 %).
17-1-16	Стабильность плодоношения (P=0 %). Урожайность средняя (1,5 т/га).
13-44-23	Стабильность плодоношения (P=2,22 %)
17-1-11	Высокая урожайность (2,3 т/га)

3.1.5 Оценка сроков созревания плодов и периоды вегетации гибридных форм ореха грецкого

Сбор плодов проводили по мере созревания во 2-й - 3-й декаде сентября. Учет созревания плодов выполняли трехкратно, подсчитывали среднее число созревших плодов на дереве, а также легкость отделения околоплодника. Критерием созревания считали начало растрескивания зеленого околоплодника у большинства плодов на дереве и их осыпание при встряхивании.

В среднем за период исследований массовое созревание плодов наблюдалось с 12 сентября по 26 сентября (Приложение Ж). Однако даты созревания колебались

в зависимости от условий года. Так, в 2022 и 2023 годах сроки созревания плодов отмечены с 14 по 29 сентября при сумме накопленных активных температур ($T_{cp} > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) 3362,1 $^{\circ}\text{C}$ и 3608,6 $^{\circ}\text{C}$ соответственно, в то время как в 2024 году созревание плодов проходило с 6 по 20 сентября ($\Sigma T = 3734\text{ }^{\circ}\text{C}$), в 2025 году сумма накопленных температура составила 3587,2 $^{\circ}\text{C}$, созревание плодов отмечено с 11 сентября по 26 сентября.

Созревание до 16 сентября отмечено у раносозревающей группы форм, средние сроки созревания с 17 по 23 сентября, и наконец позднесозревающие гибриды вступали в пору созревания плодов с 24 сентября.

По результатам оценки к раносозревающим формам отнесено 11 гибридов: 17-1-4, 17-1-11, 17-1-14, 17-1-16, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-16, 17-2-23, 17-2-25, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-19, 17-5-24, 13-46-23, 13-48-23, 13-70-23. Формы со средними сроками созревания плодов: Родина (к), 17-1-1, 17-1-2, 17-2-14, 17-2-17, 17-2-20, 17-3-8, 17-3-11, 17-4-18, 17-5-10, 17-6-6, 17-6-16, 17-6-18, 17-6-24, 13-44-23, 13-45-23. Наконец позднесозревающие гибридные формы: 13-12-23, 13-35-23, 13-42-23, 13-49-23, 13-52-23, 13-54-23, 13-55-23, 13-64-23, 13-92-23, 13-102-23.

В результате четырехлетних наблюдений (2022-2025 гг.) определена продолжительность вегетационного периода изучаемых гибридных форм ореха грецкого (таблица 13). Период вегетации рассчитывался как количество дней от даты распускания почек до даты массового листопада. Анализ таблицы показывает существенную вариабельность продолжительности вегетации как между формами (от 187 до 244 дней), так и у отдельных форм по годам исследований.

Таблица 13 – Продолжительность периода вегетации, 2022-2025 гг.

Гибридная форма	Количество дней периода вегетации					
	2022	2023	2024	2025	Min-max	Среднее
Родина (к)	217	222	213	225	213-225	219
17-1-1	200	211	201	216	200-216	207
17-1-2	200	211	203	216	200-216	208
17-1-4	200	212	201	214	200-214	207
17-1-11	217	234	222	234	217-234	227
17-1-14	187	221	215	232	187-232	214
17-1-16	212	222	215	226	212-226	219
17-1-18	207	214	210	217	207-217	212

Продолжение таблицы 13

17-2-5	214	222	215	224	214-224	219
17-2-14	218	222	222	235	218-235	224
17-2-16	216	225	221	232	216-232	224
17-2-17	226	236	232	238	226-238	233
17-2-20	216	222	222	232	216-232	223
17-2-23	206	218	210	219	206-219	213
17-2-25	209	217	212	221	209-221	215
17-3-8	195	209	205	216	195-216	206
17-3-11	200	210	201	218	200-218	207
17-4-18	200	209	206	213	200-213	207
17-5-5	213	220	220	233	213-233	222
17-5-6	213	222	220	233	213-233	222
17-5-8	226	240	238	240	226-240	236
17-5-10	213	220	225	231	213-231	222
17-5-19	210	219	213	221	210-221	216
17-5-24	214	219	215	221	214-221	217
17-6-6	214	223	223	235	214-235	224
17-6-16	197	197	201	214	197-214	202
17-6-18	191	197	200	214	191-214	201
17-6-24	206	219	220	222	206-222	217
13-34-23	216	232	229	231	216-232	227
13-35-23	216	232	229	237	216-237	229
13-42-23	227	244	241	243	227-244	239
13-44-23	222	229	226	237	222-237	229
13-45-23	216	232	229	237	216-237	229
13-46-23	220	234	231	231	220-234	229
13-48-23	203	209	205	209	203-209	207
13-49-23	233	242	239	243	233-243	239
13-52-23	233	242	239	237	233-242	238
13-54-23	222	232	229	237	222-237	230
13-55-23	221	229	227	231	221-231	227
13-64-23	216	232	229	229	216-232	227
13-70-23	222	232	229	231	222-232	229
13-92-23	228	241	239	235	228-241	236
13-102-23	210	222	216	220	210-222	217
Среднее	212,6	223,2	219,5	227,4	187-244	220,8

На основе среднеголетних данных все изученные гибридные формы разделены на три группы (таблица 14). Выделена группа гибридных форм с более коротким периодом вегетации в сравнении с сортом-контролем Родина. К ним относятся девять форм с коротким периодом вегетации (17-6-18, 17-6-16, 17-3-8, 17-1-4, 17-1-1, 17-3-11, 17-4-18, 13-48-23, 17-1-2) и восемь форм со средним периодом вегетации (17-2-23, 17-1-14, 17-2-25, 17-5-19, 17-5-24, 13-102-23, 17-6-24,

17-1-18). Данный признак представляет высокую селекционную ценность для создания сортов, адаптированных к условиям осенне-зимнего периода.

Таблица 14 – Группировка гибридных форм ореха грецкого по продолжительности периода вегетации

Продолжительность периода вегетации	Гибридные формы
Короткий (менее 210 дней)	17-6-18 (201), 17-6-16 (202), 17-3-8 (206), 17-1-4 (207), 17-1-1 (207), 17-3-11 (207), 17-4-18 (207), 13-48-23 (207), 17-1-2 (208)
Средний (210-230 дней)	17-2-23 (213), 17-1-14 (214), 7-2-25 (215), 17-5-19 (216), 17-5-24 (217), 13-102-23 (217), 17-6-24 (217), 17-1-18 (212), Родина (к), (219), 17-1-16 (219), 17-2-5 (219), 17-2-20 (223), 17-2-14 (224), 17-2-16 (224), 7-6-6 (224), 17-1-11 (227), 13-34-23 (227), 13-55-23 (227), 13-64-23 (227), 13-44-23 (229), 13-35-23 (229), 13-46-23 (229), 13-70-23 (229), 17-5-5 (222), 17-5-6 (222), 17-5-10 (222)
Продолжительный (более 230 дней)	13-54-23 (230), 17-2-17 (233), 13-92-23 (236), 17-5-8 (236), 13-49-23 (239), 13-42-23 (239), 13-52-23 (238)

На основе четырёхлетних (2022–2025 гг.) исследований фенологических и продуктивных характеристик гибридных форм ореха грецкого была проведена их группировка по ключевым селекционно-ценным признакам (таблица 15).

Таблица 15 – Группировка гибридных форм грецкого ореха по ценным селекционным признакам (2022–2025 гг.)

Гибридные формы	Группировка по ценным селекционным признакам
17-1-18, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-10, 17-6-6, 17-6-18, 13-92-23, 13-102-23	Поздновегетирующие
17-2-23, 17-3-8, 17-4-18, 17-5-6, 17-5-10, 17-5-19, 17-6-6, 17-6-16, 13-34-23, 13-35-23, 13-46-23, 13-49-23, 13-54-23, 13-64-23, 13-92-23, 13-102-23	Поздноцветущие
Гомогамия: 17-1-4, 17-5-8, 13-52-23, 13-54-23, 13-64-23, 13-70-23, 13-92-23, 13-102-23 Протогиния: Родина (к), 17-1-16, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-2-25, 17-5-5, 17-5-24, 17-6-18, 13-44-23, 13-45-23, 13-48-23	Гомогамия/протогиния
17-1-4, 17-1-11, 17-1-14, 17-1-16, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-16, 17-2-23, 17-2-25, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-19, 17-5-24, 13-46-23, 13-48-23, 13-70-23	Ранний срок созревания плодов

Продолжение таблицы 15

Родина (к), 17-1-2, 17-1-11, 17-2-17, 13-34-23, 13-45-23, 13-48-23, 13-55-23, 13-64-23	Урожайность
Родина (к), 17-1-16, 17-2-23, 17-5-5, 17-5-19, 13-44-23, 13-42-23, 13-55-23	Ежегодное плодоношение
17-1-4, 13-44-23, 13-48-23, 13-54-23, 13-92-23	Количество плодов в соплодии
17-6-18 (201), 17-6-16 (202), 17-3-8 (206), 17-1-4 (207), 17-1-1 (207), 17-3-11 (207), 17-4-18 (207), 13-48-23 (207), 17-1-2 (208)	Короткий срок вегетации
17-1-1, 17-1-2, 17-1-4, 17-1-11, 17-1-18, 17-2-16, 13-12-23, 13-42-23, 13-46-23, 13-64-23, 13-92-23, 13-102-23	Сдержанный рост

Особый интерес представляют гибридные формы, сочетающие несколько ценных признаков одновременно, что делает их перспективными кандидатами для создания новых сортов (таблица 16).

Таблица 16 – Формы ореха грецкого, сочетающие несколько ценных фенологических признаков

Перспективная форма	Ценные признаки
13-48-23	протогиния, раннее созревание, высокая урожайность (2,2 т/га), повышенное число плодов в соплодии (в среднем 4,9) и короткий вегетационный период (207 дней).
17-2-23	позднее начало вегетации, позднее цветение, протогинию, раннее созревание и стабильное плодоношение (P=1,82 %)
17-1-4	гомогамия, раннее созревание плодов, число плодов в соплодии и короткая вегетация, сдержанный рост
17-5-5	позднее начало вегетации, позднее цветение, протогинию, раннее созревание и стабильное плодоношение (P=2,04 %).
17-1-16	позднее начало вегетации, позднее цветение, протогинию, раннее созревание и стабильное плодоношение (P=2,04 %).
17-2-17	позднее начало вегетации, протогиния, урожайность

Данная группировка позволяет целенаправленно отбирать исходный материал для селекции по конкретным признакам, а также выявлять наиболее комплексные генотипы для дальнейшего размножения и передачи на государственное сортоиспытание. Выделенные формы представляют собой ценный генетический ресурс для создания современных сортов грецкого ореха, адаптированных к климатическим рискам и отвечающих требованиям интенсивного садоводства.

3.2 Оценка устойчивости гибридных форм ореха грецкого к биотическим и абиотическим факторам среды

3.2.1 Устойчивость растений ореха грецкого к основным патогенам

Выведение сортов с устойчивостью к биотическим стрессорам одна из приоритетных задач в селекции ореха грецкого, в виду того, что потери урожая в садах в результате повреждения плодов могут быть очень велики. При этом использование химических средств защиты повышает ресурсо- и трудозатраты и снижает экологичность производства.

Проведено исследование по определению толерантности ореха грецкого к наиболее вредоносным патогенам ореха грецкого - бурой пятнистости, вызываемой несовершенным грибом *Ophiognomonia leptostyla* (Syn. *Gnomonia leptostyla*) и бактериозу, возбудителем которого является *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*. Мониторинг степени поражения бурой пятнистостью и бактериозом гибридных форм ореха грецкого проводили в весенне-летний период в 2022-2025 годах [58].

Бактериоз, вызываемый *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* (Xaj) является одним из самых опасных заболеваний ореха грецкого во всем мире. В ходе четырехлетней оценки полевой устойчивости плодов и листьев селекционных форм ореха грецкого бактериозом выявлено, что уровень поражения бактериозом варьировал в разные годы от 0 до 3,5 баллов (таблица 17).

Таблица 17 – Степень поражения форм ореха грецкого бактериозом в условиях естественного инфекционного фона, 2022-2025 гг.

Сорт, гибридная форма	Балл поражения				Максимальный балл
	2022	2023	2024	2025	
Родина(к)	1	1,5	0	2,0	2,0
17-1-1	1,5	1,5	1,5	2,5	1,5
17-1-2	2,0	2,5	2,0	2,5	2,5
17-1-4	2,0	3,5	2,0	3	3,5
17-1-11	2,0	2,0	1,5	1,5	2,0
17-1-14	1,5	3,0	1,5	1,5	3,0
17-1-16	1,0	1,5	1,0	1,0	1,5
17-1-18	1,5	2,0	0,5	1,0	2,0
17-2-5	1,5	2,0	0	3,0	2,0
17-2-14	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0
17-2-16	1,0	2,0	1,5	2,5	2,0
17-2-17	1,0	1,5	0,5	0	0,5
17-2-20	1,0	1,5	0,5	1,5	1,5
17-2-23	1,5	2,5	1,5	1,5	2,5
17-2-25	1,0	2,0	1,5	2,0	2,0
17-3-8	1,0	1,5	0,5	3,0	1,5
17-3-11	1,0	1,5	1,0	2,0	1,5
17-4-18	0	1,0	0	0,8	1,0
17-5-5	1,0	2,0	1,5	1,8	2,0
17-5-6	1,0	0	0,5	0,3	0,5
17-5-7	1,5	2,0	1,5	1,5	1,5
17-5-8	0	1,0	0	0,7	1,0
17-5-10	0	0,5	0	0,3	0,5
17-5-19	1,0	2,5	2,5	2,3	2,5
17-5-24	1,0	2,0	0	1,5	2,0
17-6-6	1,0	2,0	0	1,5	2,0
17-6-16	0	0	0	0	0
17-6-18	1,0	2,0	0	1,5	2,0
17-6-24	1,5	2,5	0	2,0	2,5
13-34-23	0,5	0,5	0,5	0	0,5
13-35-23	0,5	0,5	0,5	0	0,5
13-42-23	0	0	0	0	0
13-44-23	1,8	2	1,9	2	2
13-45-23	1,3	1,5	1,2	1	1,5
13-46-23	0,5	0	0,8	1	1
13-48-23	1,3	1	1,4	1,5	1,5
13-49-23	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
13-52-23	0,8	0	1,0	1,5	1,5
13-54-23	0	0	0	0	0
13-55-23	1,0	1,5	0,8	0	1,5
13-64-23	0	0	0	0	0
13-70-23	0,5	0,5	0,	0	0,5
13-92-23	0,5	1	0,5	0	1,0
13-102-23	1,0	0,5	1,5	1,5	1,5

На основании баллов поражения все изученные формы были классифицированы по устойчивости (рисунок 26).

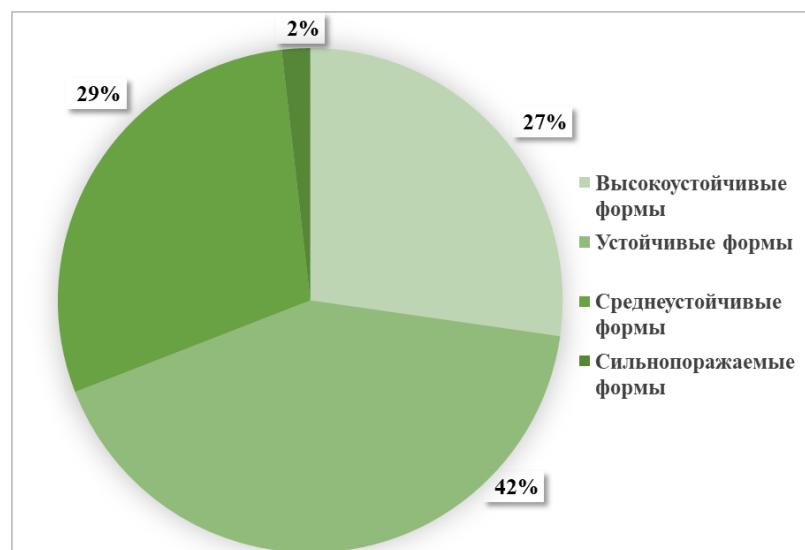


Рисунок 26 – Распределение гибридных форм ореха грецкого по группам устойчивости к бактериозу (*Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*) по результатам оценки в 2022-2025 гг.

К группе высокоустойчивых форм (0-1 балл поражения) отнесено 15 гибридов, что составляет 27 % от общей выборки – 17-2-17, 17-4-18, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-10, 17-6-16, 13-34-23, 13-35-23, 13-42-23, 13-46-23, 13-49-23, 13-54-23, 13-64-23, 13-70-23, 13-92-23. Поражение отсутствовало у четырех образцов – 17-6-16, 13-42-23, 13-54-23, 13-64-23. Устойчивые формы (1,1-2 балла поражения) составили 42 % (23 гибридные формы) от всей изученной выборки – Родина (к), 17-1-1, 17-1-11, 17-1-16, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-20, 17-2-25, 17-3-8, 17-3-11, 17-5-5, 17-5-7, 17-5-24, 17-6-6, 17-6-18, 13-44-23, 13-45-23, 13-48-23, 13-52-23, 13-55-23, 13-102-23.

Оценка степени поражения ореха грецкого бурой пятнистостью в 2022-2025 годах позволила выделить наиболее устойчивые гибридные формы (таблица 18). Выявлено, что бурая пятнистость (*Ophiognomonia leptostyla*) в большей степени поражает листья. Это происходит за счет того, что лист попадает под оба основных периода распространения гриба (весенний и летний), а плоды только под один (летний) [34].

Таблица 18 – Степень поражения форм ореха грецкого бурой пятнистостью в условиях естественного инфекционного фона в 2022-2025 гг.

Сорт, гибридная форма	Балл поражения				Максимальный балл
	2022	2023	2024	2025	
Родина(к)	1,0	1,5	0	1,5	1,5
17-1-1	1,0	2,0	1,0	2,5	2,0
17-1-2	1,0	1,5	0,5	2	1,5
17-1-4	0,5	1,0	0,5	2	1,0
17-1-11	0,5	1,0	0	2	1,0
17-1-14	1,5	2,0	0,5	2	2,0
17-1-16	1,0	1,5	0,5	2,5	1,5
17-1-18	1,0	1,5	0,5	2,5	1,5
17-2-5	1,0	1,5	1,0	1,5	1,5
17-2-14	1,0	1,5	1,0	2	1,5
17-2-16	1,0	2,0	1,5	2,0	2,0
17-2-17	1,0	1,0	1,0	1,5	1,0
17-2-20	0	0,5	0	1,0	0,5
17-2-23	0,5	1,0	2,5	1,5	2,5
17-2-25	0,5	1,5	2,5	1,5	2,5
17-3-8	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5
17-3-11	0,5	1,5	1,0	1,5	1,5
17-4-18	0	0,5	1,0	1,0	1,0
17-5-5	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0
17-5-6	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0
17-5-7	1,0	1,5	0	0	1,5
17-5-8	1,5	2,0	1,5	2,0	2,0
17-5-10	1,0	1,0	0	1,0	1,0
17-5-19	1,0	1,5	1,0	1,5	1,5
17-5-24	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0
17-6-6	1,0	1,2	1,0	1,5	1,2
17-6-16	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0
17-6-18	1,0	2,0	1,3	2,0	2,0
17-6-24	1	0,8	1,0	1,0	1,0
13-34-23	1,0	1	1,5	1,5	1,5
13-35-23	1,5	1,5	1,0	1	1,5
13-42-23	0,5	1	1,5	2	2
13-44-23	1	1	1	1	1
13-45-23	1	1	1	1	1
13-46-23	1,3	1	0,5	0	1
13-48-23	0	0	1	1	1
13-49-23	0	0	0	0	0
13-52-23	0	0	0,5	1	1
13-54-23	1,5	1	0,5	0	1
13-55-23	2,0	1,5	0,5	0	2
13-64-23	1,5	1	0,3	0	1,5
13-70-23	0,5	0,5	0,3	0	0,5
13-92-23	0	0	0	0	0
13-102-23	1	1	1,4	1,5	1,5

Изученные гибриды были распределены на группы по степени поражения [58]. (рисунок 27).

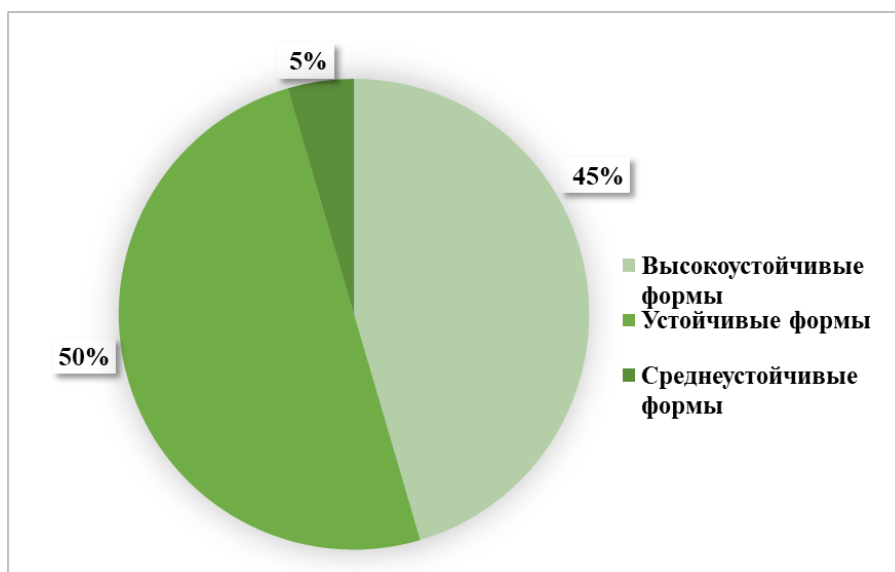


Рисунок 26 – Распределение гибридных форм ореха грецкого по группам устойчивости к бурой пятнистости (*Ophiognomonia leptostyla*) по результатам оценки в 2022-2025 гг.

Отсутствие или незначительное поражение (0-1 балл) зафиксировано у 20 гибридов (50 %) – 17-1-4, 17-1-11, 17-2-17, 17-2-20, 17-4-18, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-10, 17-5-24, 17-6-16, 17-6-24, 13-44-23, 13-45-23, 13-46-23, 13-48-23, 13-49-23, 13-52-23, 13-54-23, 13-70-23, 13-92-23. К группе устойчивых форм отнесено 22 гибрида (1,1-2,0 балла поражения) – Родина (К), 17-1-1, 17-1-2, 17-1-14, 17-1-16, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-14, 17-2-16, 17-3-8, 17-3-11, 17-5-7, 17-5-8, 17-5-19, 17-6-6, 17-6-18, 13-34-23, 13-35-23, 13-42-23, 13-55-23, 13-64-23, 13-102-23. Две селекционные формы поражаются на 2,5 балла – 17-2-23, 17-2-25.

Проанализированы климатические условия за 2022-2025 гг. (таблица 19), что позволило определить влияние факторов года на развитие бактериоза и бурой пятнистости изучаемых гибридных форм ореха грецкого. В годы проведения исследований среднегодовая температура составляла +13,0 °С в 2022, +13,9 °С в 2023, в 2024 году среднегодовая температура составила +14,3 °С, 2025 год характеризовался средней температурой +14,4 С, что является оптимальной температурой для роста и развития деревьев ореха грецкого. Годовое количество

осадков составляло 788,8 мм в 2022 году, 746,8 мм в 2023 году, 547,4 мм в 2024 году и в 2025 461 мм. Однако осадки были распределены не равномерно в течение года.

Таблица 19 – Климатические условия, сложившиеся в весенне-летний период в годы исследований (2022-2025 гг.)

Месяц	Температура воздуха, °С				Количество осадков за мес., мм	Среднеголетнее кол-во осадков, мм
	max t воздуха, °С	min t воздуха, °С	средняя t воздух	среднеголетняя t воздуха, °С		
2022						
Март	22,2	-6,6	2,9	6,4	49,6	64,3
Апрель	30,1	0,4	13,4	12,4	24,5	48,7
Май	33,5	4,2	15,2	17,9	49,1	65,5
Июнь	33,7	13,7	23	22,2	16,1	80,5
Июль	34,8	12,7	23,7	24,8	62,6	62,8
Август	35,3	18,4	26,3	24,7	91,2	40,7
Средняя	31,6	7,1	17,4	18,1	48,9	60,4
2023						
Март	21,8	-6,3	8,7	6,4	55,9	64,3
Апрель	23,9	0,2	12,5	12,4	94	48,7
Май	27,2	2,2	16,6	17,9	80,8	65,5
Июнь	33,6	12,3	21,8	22,2	40,9	80,5
Июль	37,2	14,8	24,5	24,8	61,7	62,8
Август	38,5	12,6	27,1	24,7	0	40,7
Средняя	30,4	6,0	18,5	18,1	55,6	60,4
2024						
Март	22,2	-4,3	7,4	6,4	19,4	64,3
Апрель	32,1	2	17	12,4	4,8	48,7
Май	27,4	3,3	16,1	17,9	63,3	65,5
Июнь	36	13	24,6	22,2	49,2	80,5
Июль	39,6	16,3	28,2	24,8	18,5	62,8
Август	36,8	12,5	25,6	24,7	14,8	40,7
Средняя	32,4	7,1	19,8	18,1	28,3	60,4
2025						
Март	29,9	-13,9	9,6	6,4	36,3	64,3
Апрель	35,6	0,2	13,8	12,4	50,6	48,7
Май	28,8	4,8	16,3	17,9	74,8	65,5
Июнь	32,9	10	20,6	22,2	68,9	80,5
Июль	37,7	11,9	26,8	24,8	0,2	62,8
Август	36,2	11,2	25,1	24,7	20	40,7
Средняя	33,5	4,0	18,7	18,1	41,8	60,4

В годы с благоприятными условиями для развития болезней (высокая влажность во время цветения) может быть уничтожено до 90 % пестичных цветков, что пагубно влияет на урожай. В период цветения (апрель-май) в годы

исследований среднемесячная температура отклонялась от нормы незначительно. Высокая влажность – решающий фактор, влияющий на степень проявления заболеваний. На рисунке 28 представлена динамика развития бактериоза и бурой пятнистости по годам.

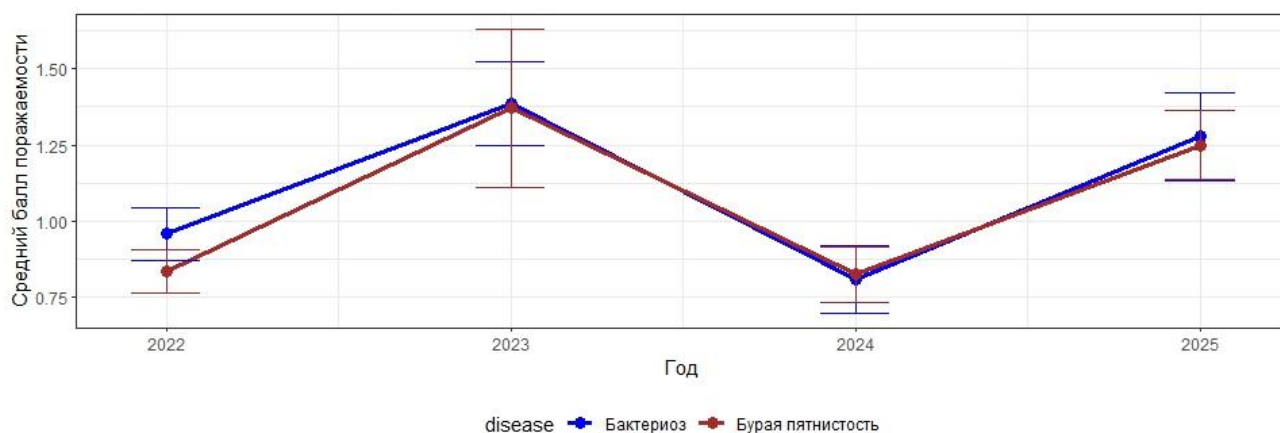


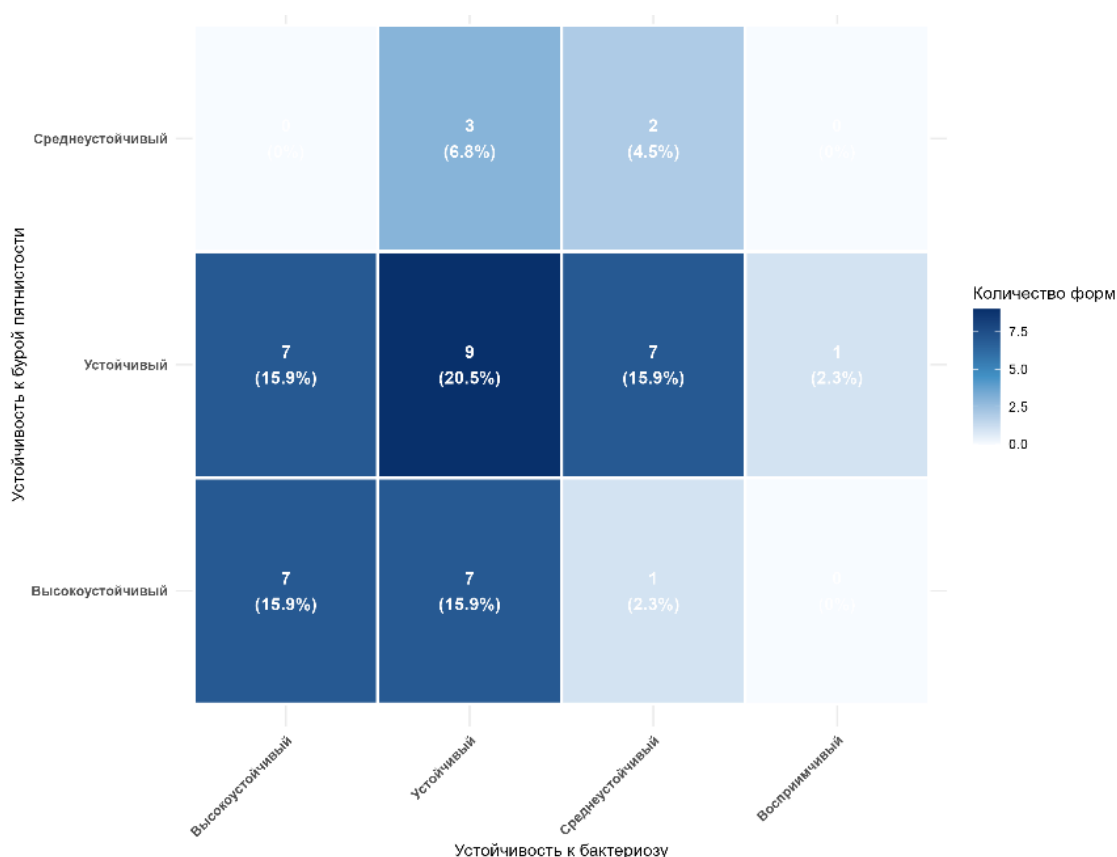
Рисунок 28 – Динамика поражаемости ореха грецкого бактериозом и бурой пятнистостью в период исследований

Анализа динамики заболеваний выявил четкую тенденцию: максимальная поражаемость обоими патогенами зафиксирована в 2023 году, что коррелирует с наибольшим количеством осадков за период наблюдений. Минимум поражения в 2024 году совпадает с наиболее жаркими и засушливыми условиями года (средняя температура марта-мая составила +13,5 °С, осадки 87,5 мм). Тот факт, что в весенний период 2023 года сумма осадков составила 230,7 мм, что превышает количество осадков в 2022 году (123,2 мм), 2024 (87,5 мм) и в 2025 (167,7 мм) дает основание полагать, что условия 2023 года привели к эпифитотийному развитию обоих патогенов.

Полученные данные согласуются с результатами корреляционного анализа. В анализе корреляций использовались три переменные: поражаемость (балл), температура, осадки. Выявлена сильная положительная корреляция ($r=0,72$) между осадками и степенью поражаемости бактериозом. Аналогично наблюдается сильная положительная связь ($r=0,75$) между осадками и бурой пятнистостью. Проведенный анализ позволяет подтвердить данные о том, что степень поражаемости патогенами усиливается при увеличении осадков и что влажность –

это ключевой фактор, влияющий на развитие болезней ореха грецкого. Избыточная влажность в апреле-мае создает условия для распространения инфекции.

Для комплексной оценки устойчивости гибридных форм ореха грецкого к основным патогенам была построена тепловая карта, отражающая совместное распределение форм по группам устойчивости к бактериозу и бурой пятнистости (рисунок 29).



Примечание: интенсивность цвета отражает количество форм в каждой категории. В ячейках указано абсолютное количество форм и процент от общего числа

Рисунок 29 – Тепловая карта распределения гибридных форм ореха грецкого по группам устойчивости к бактериозу и бурой пятнистости

Как видно из тепловой карты, девять форм (20,5 %) относятся к группе устойчивых как к бактериозу, так и к бурой пятнистости (балл поражения 1,1-2). Анализ позволил выделить группы, представляющие наибольшую селекционную ценность по признаку устойчивости к патогенам.

Семь гибридов отличаются высокой комплексной устойчивостью: 17-4-18, 17-5-6, 17-5-10, 17-6-16, 13-49-23, 13-70-23, 13-92-23. На рисунке 30 представлены

баллы поражения основными патогенами наиболее устойчивых образцов, что позволяет провести сравнение с сортом-контролем (рисунок 30). Все семь гибридных форм показывают превосходство по данному признаку над контролем, степень поражения которого составляет 2 балла для бактериоза и 1,5 для бурой пятнистости.

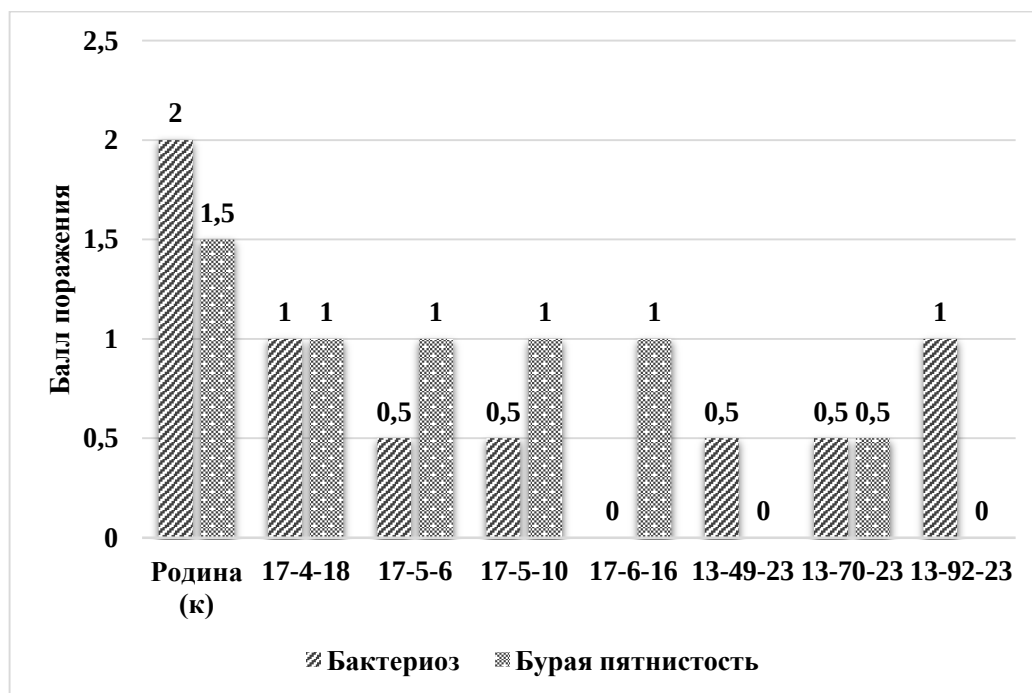


Рисунок 30 – Гибридные формы, отличающиеся высокой устойчивости к бактериозу и бурой пятнистостью

Таким образом, выделено семь ценных гибридных форм, проявляющих высокую толерантность к основным патогенам, поражающим деревья ореха грецкого, таким как бактериоз и бурая пятнистость.

3.2.2 Изучение элементов засухоустойчивости гибридных форм ореха грецкого

В условиях глобального изменения климата учащение экстремальных засух ставит под угрозу возможность производства ореха грецкого. Вода выступает ключевым фактором, определяющим рост, продуктивность, выживаемость растений, а способность культуры минимизировать потерю влаги и сохранять водоудерживающую функцию тканей становится критической для адаптации к среде. Стресс, вызванный засухой, имеет различные неблагоприятные эффекты,

включая отрицательный водный баланс листьев, деградацию хлорофилла, снижение фотосинтеза, роста и урожайности [224]. В 2022-2025 годах Краснодарский край столкнулся с учащением засух в летний период. Летние температуры регулярно превышали норму на 3-5 °С, усиливая испарение влаги из почвы. В 2024 году засуха началась уже в марте и продолжалась до августа, с кратковременными дождями лишь в конце июля.

Нами был проведен анализ засухоустойчивости гибридных форм ореха грецкого. Засухоустойчивость определяется как способность растения минимизировать потерю влаги и поддерживать более высокий запас сухих веществ (как потенциальный показатель адаптации). Определялись основные физиологические показатели водного режима – водоудерживающая способность, оводненность тканей листа, содержание сухих веществ в листьях. Более высокий процент оводненности листьев говорит о лучшей гидратации. Оводненность листьев (%) определяли путем досушивания листьев до постоянной массы при температуре 102 °С. Содержание сухих веществ рассчитывали, как разницу между свежей и сухой массой листьев. Водоудерживающая способность рассчитывалась по потере воды через 2 и 4 часа после отбора листьев. Для проведения опыта брали листья с ростовых побегов, расположенных в средней части кроны с разных сторон дерева в наиболее жаркий и засушливый период года (начало июля и начало августа) 2022-2025 гг.

Проведенный анализ 44 гибридных форм ореха грецкого выявил значительную вариабельность по комплексу признаков, связанных с засухоустойчивостью (таблица 20).

Таблица 20 – Статистические параметры изучаемых признаков засухоустойчивости

Показатель	Минимум	Максимум	Среднее	Стандартное отклонение (SD)	Коэффициент вариации (CV), %
Оводненность листьев, %	53,31	68,00	63,08	2,04	4,3
Содержание сухих веществ, %	29,79	41,23	36,92	2,04	5,53
Потеря воды за 2 часа, %	6,26	14,87	10,36	1,85	17,86
Потеря воды за 4 часа, %	12,02	26,83	19,05	3,32	17,43

Как видно из таблицы, наибольший коэффициент вариации (CV) отмечен для показателей потери воды (17,86 % за 2 часа и 17,43 % за 4 часа), что свидетельствует о высокой дифференциации образцов по скорости обезвоживания. Наименьший коэффициент вариации отмечен для признака оводненности (3,23 %), что указывает на относительную стабильность этого признака.

В таблице 20 представлены усредненные данные, полученные в ходе анализа элементов засухоустойчивости в период исследования (2022-2025 гг.). На основе этих данных производился дальнейший групповой анализ и выделение наиболее перспективных гибридных форм по засухоустойчивости. Сорт Родина является контрольным в сравнительной оценке гибридов.

Таблица 20 – Водоудерживающая способность листьев гибридных форм ореха грецкого (2022-2025 гг.)

Гибридная форма	Оводненность, %	Потеря воды, 2 часа, %	Потеря воды, 4 часа, %	Содержание сухих водорастворимых веществ, %
Родина(к)	67,43±1,38	9,70±0,44	17,71±0,55	32,57±1,38
17-1-1	63,33±1,11	13,27±0,48	23,7±2,79	36,67±1,11
17-1-2	53,31±0,96	12,26±4,21	18,49±3,27	36,39±0,66
17-1-4	64,58±0,28	8,38±1,09	16,25±2,66	35,42±0,28
17-1-11	64,04±1,92	11,43±0,37	20,73±2,68	32,46±1,92
17-1-14	65,90±0,48	10,92±1,24	20,69±3,19	34,11±0,48
17-1-16	62,57±0,27	11,94±1,21	21,79±4,16	37,43±0,27
17-1-18	64,87±0,68	10,91±0,17	18,79±2,69	35,12±0,68
17-2-5	65,71±3,00	12,14±1,08	21,68±3,99	34,29±3,00
17-2-14	63,57±0,78	10,22±1,94	20,63±6,22	36,43±0,78
17-2-16	66,04±3,46	14,87±3,14	26,80±6,87	33,96±3,46
17-2-17	64,29±3,22	9,18±1,76	17,46±4,67	35,70±3,22
17-2-20	66,12±1,3	10,77±1,29	18,41±1,44	33,88±1,30
17-2-23	60,26±3,05	9,39±1,5	21,58±1,10	39,74±3,05
17-2-25	61,47±1,847	10,50±0,44	19,89±3,58	38,53±1,84
17-3-8	63,06±0,01	6,26±1,08	12,70±0,26	36,94±0,01
17-3-11	61,51±0,49	11,61±2,62	18,73±1,24	38,49±0,49
17-4-18	63,01±0,26	12,54±0,1	21,90±2,58	36,99±0,26
17-5-5	61,95±0,99	11,23±1,11	19,96±0,04	38,05±0,99
17-5-6	64,15±1,24	12,57±1,53	21,23±3,51	35,86±1,24
17-5-8	59,86±1,07	13,90±1,19	26,83±0,41	40,14±1,07
17-5-10	60,76±0,75	10,17±1,41	17,23±0,11	39,24±0,75
17-5-19	63,97±1,78	10,42±2,87	24,08±3,11	36,03±1,78
17-5-24	63,37±1,34	12,41±4,12	21,74±6,68	36,64±1,34
17-6-6	68±1,33	8,74±2,41	12,02±1,47	32,01±1,33
17-6-16	62,1±0,59	11,21±0,96	20,05±0,3	37,9±0,59

Продолжение таблицы 20

17-6-18	67,64±2,29	11,94±1,22	15,53±1,22	29,79±0,29
17-6-24	64,76±2,47	10,8±2,46	17,42±3,05	35,25±2,47
13-34-23	63,22±1,02	12±0,11	21,73±2,38	63,22±1,02
13-35-23	58,77±2,55	10,56±0,96	20,78±0,72	41,23±2,55
13-42-23	61,40±0,16	10,47±1,68	19,40±2,94	38,60±0,16
13-44-23	60,31±0,48	8,39±0,52	15,99±0,3	39,69±0,48
13-45-23	61,89±1,26	9,63±0,75	20,02±0,32	38,11±1,26
13-46-23	61,80±0,52	7,96±1,2	14,73±1,11	38,20±0,52
13-48-23	61,81±0,46	8,82±0,33	17,75±1,66	38,19±0,46
13-49-23	61,64±1,00	9,63±0,53	19,17±1,53	38,36±1,00
13-52-23	62,4±0,2	8,6±1,55	15,2±1,35	38,6±0,2
13-54-23	63,82±0,53	8,86±1,53	17,22±0,8	36,18±0,53
13-55-23	62,3±1,37	7,9±0,67	15,6±1,76	37,7±1,37
13-64-23	64,09±0,25	7,53±0,23	16,06±0,88	35,91±0,25
13-70-23	61,97±1,28	7,76±0,14	17,26±1,82	38,03±1,28
13-92-23	61,33±5,40	8,01±0,39	15,53±0,13	38,67±5,40
13-102-23	64,06±1,16	9,06±1,53	17,36±2,62	35,94±1,16
НСР _{0,05}	2,68	2,27	3,89	2,31

Оводненность листьев варьировала в пределах от 53,31 % до 68,00 %. Образцы 17-6-6, 17-6-18 превзошли сорт-контроль Родина (рисунок 31).

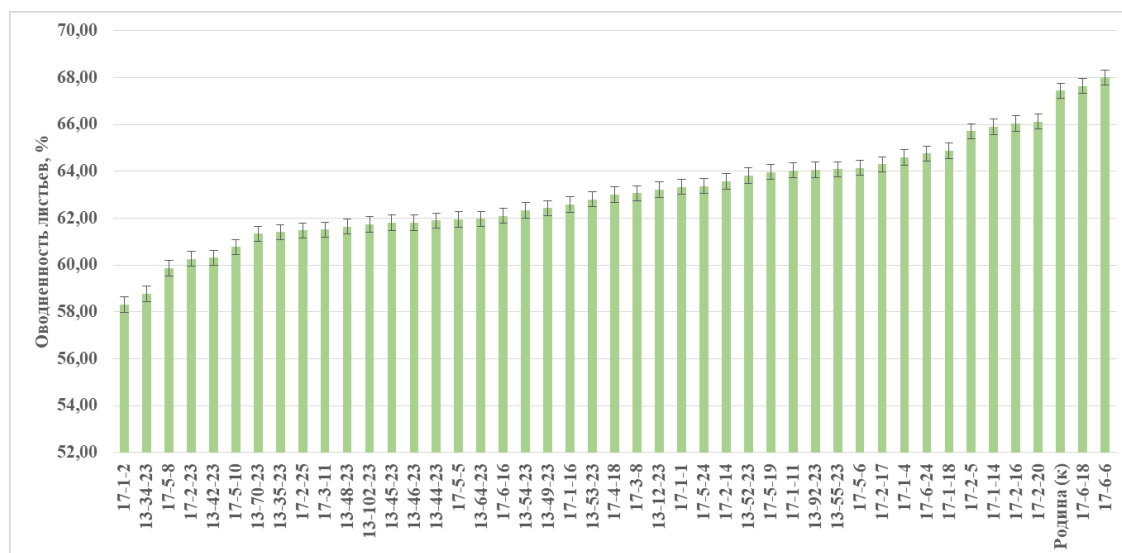


Рисунок 31 – Средние показатели оводненности листьев изучаемых форм ореха грецкого (%), 2022-2025 гг.

Более высокая оводненность (65,71 % - 68,00 %) оказалась у сорта Родина (к), 17-1-14, 17-2-5, 7-2-16, 17-2-20, 17-6-6, 17-6-18. Наименьшие показатели оводненности (58,31-61,97 %) отмечены у гибридов 17-1-2, 17-2-23, 17-2-25, 17-3-

11, 17-5-5, 17-5-8, 17-5-10, 13-34-23, 13-35-23, 13-42-23, 13-44-23, 13-45-23, 13-46-23, 13-48-23, 13-64-23, 13-70-23, 13-102-23.

Потеря влаги за 4 часа варьировалась от 12,02 до 26,83 %. Наименьшую потерю влаги (12,02 % - 17,71 %), что является ценным признаком засухоустойчивости, показали гибриды 17-3-8 (12,70 %), 17-6-6 (12,02 %), 17-6-18 (15,53 %), 13-44-23 (15,99 %), 13-46-23 (14,73 %), 13-52-23 (15,20 %), 13-55-23 (15,60 %), 13-64-23 (16,06 %), 13-70-23 (17, 26 %), 13-92-23 (15, 53 %). Контрольный сорт Родина показал потерю на уровне 17, 71 %. Один из косвенных показателей засухоустойчивости является содержание сухих веществ в листьях в период воздействия высоких температур. Доля сухих веществ в листьях варьировала от 29,79 % до 41,23 %.

Взаимосвязь между оводненностью и водоудерживающей способностью проанализирована с помощью метода квадрантного анализа. В результате изученные формы были разделены на четыре группы (рисунок 32).

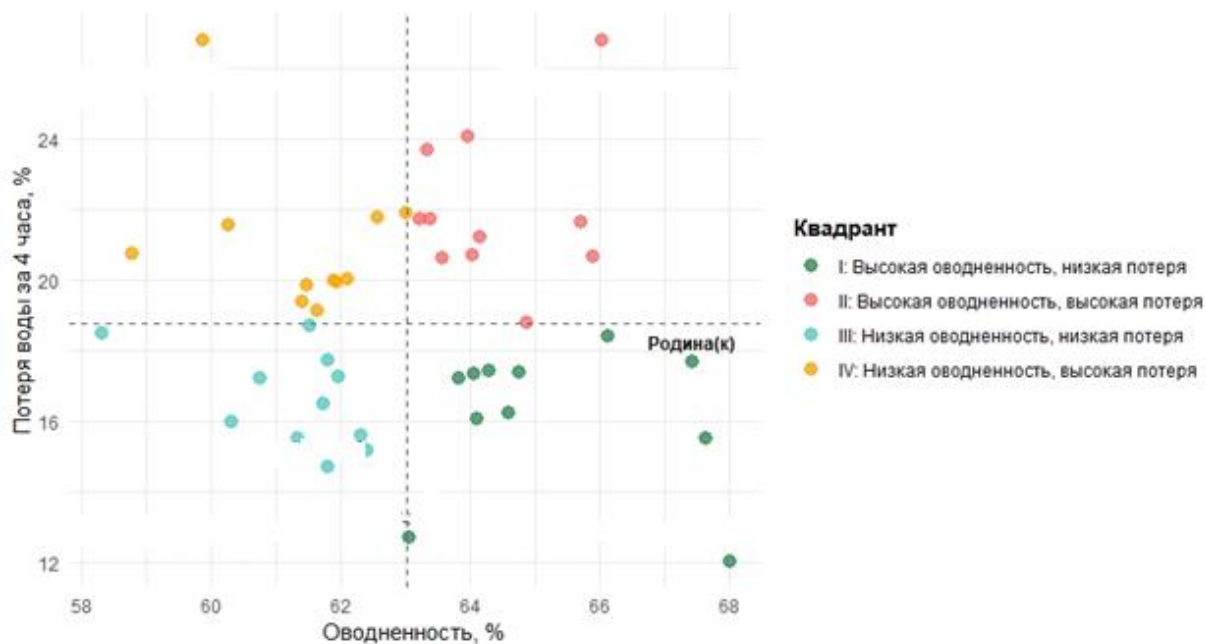


Рисунок 32 – Распределение гибридных форм по показателям оводненности и потери воды за 4 часа

Полученный график позволил выделить формы, сочетающие наиболее ценные признаки засухоустойчивости. Квадрант I (зеленый) объединил формы с

высокой исходной оводненностью (>63 %) и низкой потерей воды за 4 часа (<19,05 %). В данную группу вошло 12 гибридных форм, включая контрольный сорт Родина: 17-3-8, 13-55-23, 13-52-23, 13-92-23, 17-2-17, 17-1-14, 17-6-24, 17-1-18, 17-2-20, 17-6-18, 17-6-6. Квадрант III (голубой) составили образцы с относительно низкой оводненностью, но также низкой потерей воды. Группа включает 9 образцов. Квадранты II (красный) и IV (оранжевый) объединили образцы с высокой скоростью потери воды, что свидетельствует о низкой засухоустойчивости. Различие между этими группами состоит в исходной оводненности.

Проведено ранжирование в целях сравнительного анализа гибридных форм с контролем. По результатам комплексной оценки показателей устойчивости к условиям засухи всех изученных гибридных выделены наиболее перспективные формы, превосходящие контрольный сорт Родина по одному или нескольким параметрам (рисунок 33).

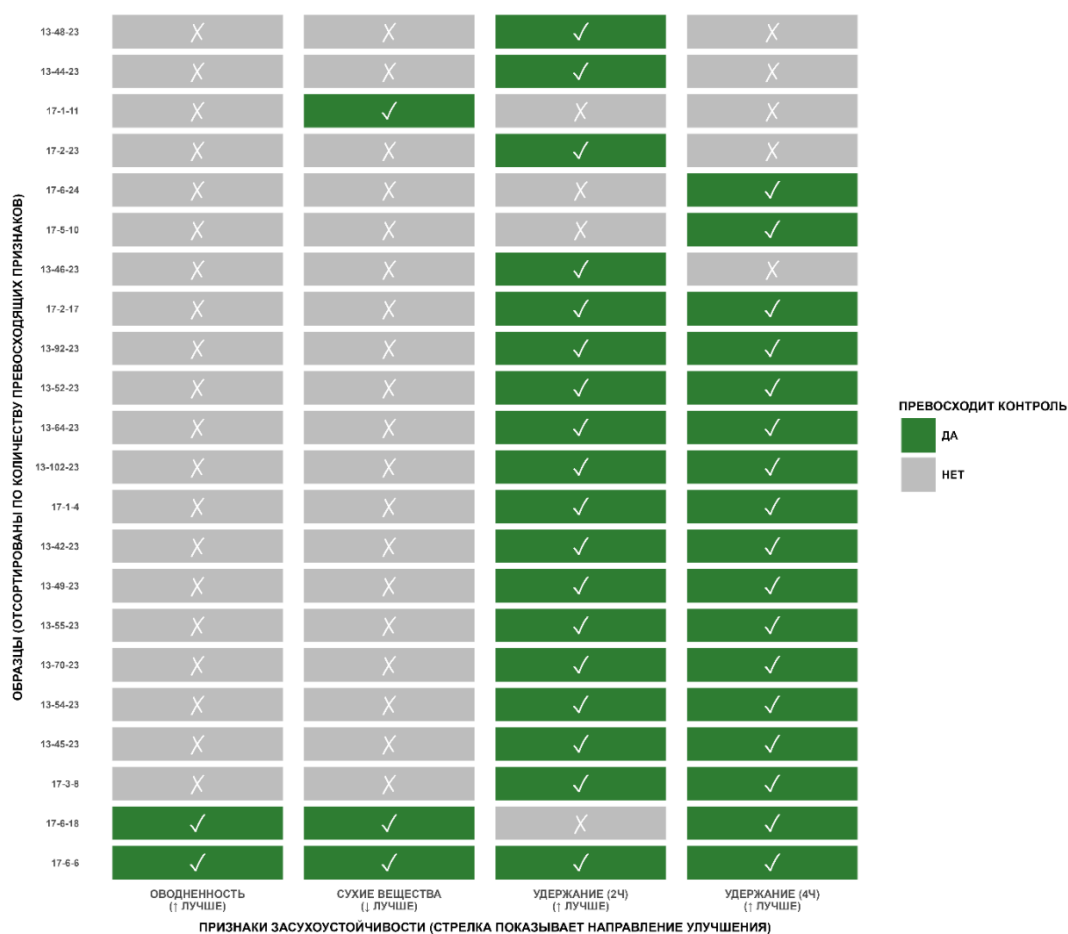


Рисунок 33 – Сравнительный анализ элементов засухоустойчивости гибридных форм ореха грецкого с сортом-контролем

В группу наиболее ценных гибридных форм вошли следующие образцы:

17-6-6 – превосходит сорт-контроль по оводненности и содержанию сухих веществ, а также по водоудерживающей способности на двух временных интервалах;

17-6-18 – превосходит сорт-контроль по оводненности и содержанию сухих веществ, а также по водоудерживающей способности;

17-3-8 – высокие показатели водоудерживающей способности, низкое содержание сухих водорастворимых веществ по сравнению с контролем;

13-55-23 – превосходит контрольный сорт по признаку водоудерживающей способности и содержанию сухих водорастворимых веществ.

3.3 Техническая оценка плодов ореха грецкого

Для определения селекционной ценности гибридных форм ореха грецкого проведена комплексная оценка ряда хозяйственно-важных признаков плодов. Критерии отбора перспективных генотипов включали количественные и качественные параметры: массу плода, выход ядра (соотношение массы ядра к общей массе), толщину скорлупы, диаметр по шву и по бокам, длину плода, выполненность и выделяемость ядра, его цвет, толщину мембраны (перегородки), структуру поверхности скорлупы, а также форму плода.

Техническая оценка плодов ореха грецкого показала значительное разнообразие по всем морфологическим признакам. Были рассчитаны минимальное, максимальное и среднее значения, дисперсия, стандартное отклонение и коэффициент вариации качественных характеристик плодов гибридных форм ореха грецкого (таблица 21). Коэффициент вариации – сравнительный параметр, позволяющий эффективно сравнивать изученные признаки. Данный показатель используется в качестве индикатора для различения морфологических характеристик

Таблица 21 – Статистические описательные параметры признаков качества плодов ореха грецкого, среднее за 2022-2025 гг.

Признак	Среднее значение (μ)	Дисперсия (S^2)	Стандартное отклонение (SD)	Минимум	Максимум	Коэффициент вариации, (CV), %
Масса плода, г	10,92	2,67	1,64	6,42	14,27	14,97
Выход ядра, %	49,28	23,91	4,89	41,14	61,83	9,92
Толщина скорлупы, мм	1,32	0,05	0,23	0,92	1,83	17,17
Выделяемость, балл	1,57	0,48	0,70	1	3	44,35
Выполненность, балл	4,05	0,46	0,68	3	5	16,82
Цвет, балл	2,77	0,55	0,74	2	5	26,79
Толщина мембраны, балл	1,64	0,38	0,61	1	3	37,49
Структура скорлупы, балл	4,84	0,70	0,83	3	7	17,22
Длина плода, мм	36,45	10,39	3,22	29,67	46,37	8,84
Диаметр плода (по бокам), мм	31,25	3,22	1,79	27,64	36,11	5,74
Диаметр плода (по шву), мм	30,66	2,87	1,69	26,37	34,31	5,53
Коэффициент формы плода	0,85	0,01	0,08	0,66	1,02	9,41

Анализ коэффициентов вариации (CV) для комплекса морфометрических признаков позволил установить четкую градацию признаков по уровню фенотипической стабильности (рисунок 34). Результаты анализа показали, что наименее изменчивыми ($CV < 10\%$) являются размеры плода (длина, диаметры), а также коэффициент формы ($CV = 5,53 - 9,41\%$). Количественные показатели – выход ядра ($CV = 9,92\%$) и масса плода ($CV = 14,97\%$) – также обладают относительно высокой стабильностью. К признакам со средней изменчивостью ($10\% < CV < 30\%$) отнесены толщина скорлупы, структура скорлупы, выполненность и цвет ядра. Наибольшей фенотипической изменчивостью характеризуются выделяемость ядра ($CV = 44,35\%$) и толщина мембраны ($CV = 37,49\%$).

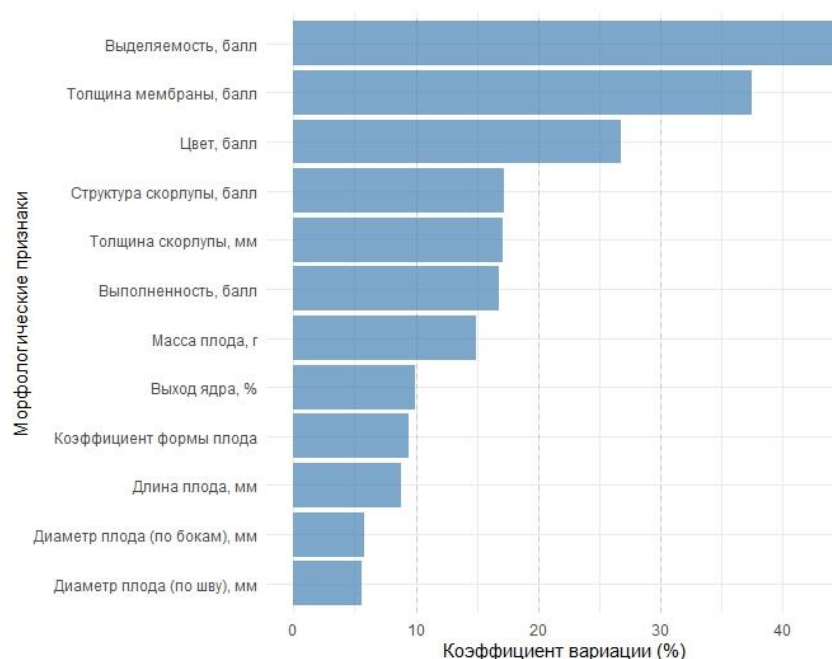


Рисунок 34 – Ранжирование признаков качества плодов ореха грецкого по коэффициенту вариации

Установлено, что средняя масса плода в изученной выборке составила $10,79 \pm 0,20$ г. Среднее значение для показателя выход ядра равен $48,98 \pm 0,69$ %. Максимальная масса плодов (14,27 г) зафиксирована у образца 13-48-23, минимальная (6,42 г) – у образца 13-44-23 (таблица 22). В приложении И показаны данные качества плодов за каждый год исследований.

Таблица 22 – Морфометрическое описание плодов гибридных форм ореха грецкого (2022-2025 гг.)

Сорт/форма	Масса плода, г	CV массы плода, %	Выход ядра, %	CV выход ядра, %	Толщина скорлупы, мм	CV толщина скорлупы, %
Родина (к)	$13,17 \pm 1,03$	15	$48,40 \pm 5,99$	25	$1,11 \pm 0,16$	29
17-1-1	$11,02 \pm 1,02$	19	$41,14 \pm 1,76$	8	$1,30 \pm 0,06$	9
17-1-2	$10,99 \pm 0,81$	16	$47,91 \pm 2,78$	11	$1,48 \pm 0,16$	21
17-1-4	$9,45 \pm 0,08$	2	$54,28 \pm 1,69$	6	$1,40 \pm 0,10$	13
17-1-11	$11,60 \pm 0,37$	7	$41,56 \pm 1,84$	9	$1,58 \pm 0,21$	25
17-1-14	$11,06 \pm 0,51$	10	$45,96 \pm 1,23$	5	$1,59 \pm 0,16$	19
17-1-16	$10,79 \pm 0,28$	5	$48,48 \pm 2,07$	9	$1,36 \pm 0,17$	24
17-1-18	$12,40 \pm 1,05$	16	$41,45 \pm 3,77$	18	$1,57 \pm 0,14$	19
17-2-5	$9,61 \pm 0,42$	9	$52,11 \pm 2,21$	9	$1,19 \pm 0,15$	26
17-2-14	$9,62 \pm 0,18$	5	$56,80 \pm 1,97$	7	$1,12 \pm 0,05$	9
17-2-16	$9,57 \pm 0,28$	6	$55,28 \pm 1,63$	6	$1,02 \pm 0,10$	20
17-2-17	$9,47 \pm 0,38$	9	$52,42 \pm 1,97$	7	$1,19 \pm 0,10$	18
17-2-20	$9,56 \pm 0,54$	13	$50,45 \pm 2,02$	8	$1,29 \pm 0,07$	11

17-2-23	8,37 ± 0,38	9	61,83 ± 2,53	8	1,15 ± 0,07	11
17-2-25	11,15 ± 0,35	6	50,47 ± 1,34	5	1,69 ± 0,17	19
17-3-8	10,78 ± 0,44	8	54,60 ± 2,40	8	1,26 ± 0,12	19
17-3-11	10,63 ± 0,32	6	44,47 ± 0,65	3	1,64 ± 0,05	7
17-4-18	14,21 ± 0,65	9	45,12 ± 2,70	12	1,80 ± 0,06	7
17-5-5	8,56 ± 0,44	10	55,82 ± 1,87	6	1,00 ± 0,09	18
17-5-6	8,97 ± 0,32	7	50,46 ± 2,75	11	1,26 ± 0,10	17
17-5-8	9,61 ± 0,17	3	56,77 ± 1,46	6	0,92 ± 0,15	34
17-5-10	8,03 ± 0,37	10	53,03 ± 3,31	13	1,09 ± 0,12	23
17-5-19	11,40 ± 0,50	9	48,36 ± 2,84	12	1,43 ± 0,06	9
17-5-24	12,20 ± 0,43	7	41,79 ± 2,17	10	1,43 ± 0,11	16
17-6-6	10,30 ± 0,52	10	52,69 ± 0,73	3	1,10 ± 0,18	35
17-6-16	10,15 ± 0,06	1	50,71 ± 1,21	5	1,32 ± 0,14	20
17-6-18	12,37 ± 0,43	7	43,73 ± 1,12	5	1,26 ± 0,18	28
17-6-24	10,99 ± 0,39	7	50,11 ± 2,71	11	1,36 ± 0,08	12
13-12-23	10,86 ± 0,35	6	50,88 ± 0,55	2	1,30 ± 0,04	7
13-34-23	11,27 ± 0,34	6	50,00 ± 0,45	2	1,30 ± 0,08	12
13-35-23	12,74 ± 0,26	4	47,69 ± 2,27	10	1,13 ± 0,03	6
13-42-23	11,78 ± 0,73	12	43,80 ± 0,75	3	1,49 ± 0,05	6
13-44-23	11,52 ± 0,23	7	53,84 ± 2,09	6	1,20 ± 0,09	26
13-45-23	12,92 ± 0,15	2	42,41 ± 1,45	6	1,83 ± 0,17	19
13-46-23	6,42 ± 0,23	4	54,60 ± 1,50	8	1,09 ± 0,15	15
13-48-23	14,27 ± 0,36	5	45,97 ± 0,92	4	1,52 ± 0,07	10
13-49-23	10,36 ± 0,54	11	43,24 ± 1,08	5	1,28 ± 0,04	7
13-52-23	12,30 ± 0,45	7	46,82 ± 1,16	5	1,55 ± 0,07	10
13-54-23	13,77 ± 0,42	6	50,77 ± 3,31	13	1,69 ± 0,06	7
13-55-23	10,85 ± 0,26	5	45,86 ± 1,27	5	1,46 ± 0,08	11
13-64-23	10,60 ± 0,76	15	50,50 ± 0,62	2	0,96 ± 0,12	26
13-70-23	12,58 ± 1,03	16	52,67 ± 2,46	9	1,31 ± 0,13	18
13-92-23	11,15 ± 0,77	13	43,25 ± 0,76	3	1,27 ± 0,03	5
13-102-23	10,04 ± 0,56	11	49,54 ± 2,05	8	0,99 ± 0,05	10
НСР0,5	1,457	-	6,019	-	-	0,320

Высокой стабильностью (CV<10 %) по массе плода обладало 33 формы: 17-1-4, 17-1-11, 17-1-14, 17-1-16, 17-2-5, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-23, 17-2-25, 17-3-8, 17-3-11, 17-4-18, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-10, 17-5-19, 17-5-24, 17-6-6, 17-6-16, 17-6-18, 17-6-24, 13-12-23, 13-34-23, 13-35-23, 13-44-23, 13-45-23, 13-46-23, 13-48-3, 13-52-23, 13-54-23, 13-55-23. Низкий коэффициент вариации по выходу ядра отмечен у 35 форм: 17-1-1, 17-1-4, 17-1-11, 17-1-14, 17-1-16, 17-2-5, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-2-25, 17-3-8, 17-3-11, 17-5-5, 17-5-8, 17-5-24, 17-6-6, 17-6-16, 17-6-18, 13-12-23, 13-34-23, 13-35-23, 13-42-23, 13-44-23, 13-45-23, 13-46-23, 13-48-23, 13-49-23, 13-52-23, 13-55-23, 13-64-23, 13-70-23, 13-92-23, 13-102-23. Варьирование признака «толщина скорлупы» наиболее стабильно у 14 гибридов: 17-1-1, 17-2-14, 17-3-11, 17-4-18, 17-5-19, 13-12-23, 13-35-23, 13-42-23,

13-48-23, 13-49-23, 13-52-23, 13-54-23, 13-92-23, 13-102-23. Таким образом для отбора наиболее стабильных форм приоритетными формами являются 17-2-14, 17-3-11, 13-12-23, 13-35-23, 13-48-23, 13-52-23, 13-55-23.

Из таблицы 21 видно, что по массе плода все образцы можно условно разделить на четыре группы. К группе очень крупноплодных образцов, имеющих массу плода более 14 г отнесли формы 17-4-18, 13-48-23. К крупноплодным с массой плодов от 12, 20 г до 13,77 г относятся Родина (к), 17-1-18, 17-5-24, 17-6-18, 13-35-23, 13-45-23, 13-52-23, 13-54-23, 13-70-23, что составляет 20,4 % от всей выборки. Три изученные формы превзошли сорт-контроль по массе плода: 17-4-18, 13-48-23, 13-54-23.

Орехи средней величины с массой от 10,04 г до 11,78 г составили 47,7 % от всей выборки образцов – 17-1-1, 17-1-2, 17-1-11, 17-1-14, 17-1-16, 17-2-25, 17-3-8, 17-3-11, 17-5-19, 17-6-6, 17-6-16, 17-6-24, 13-12-23, 13-34-23, 13-44-23, 13-55-23, 13-64-23, 13-92-23, 13-102-23. Группа мелкоплодных форм с массой от 8,03 г до 9,62 г составила 25 %. Один образец 13-46-23 со средней массой 6,42 г отнесся к категории очень мелких плодов.

Процентное содержание ядра находилось пределах 41,14 % – 61,83 %.

По признаку «выход ядра» изучаемые образцы разделены на следующие группы:

1. Очень высокое содержание ядра - более 56 %. К данной группе отнесено три формы: 17-2-23, 17-2-14, 17-5-8,

2. Гибридные формы 17-1-4, 17-2-16, 17-5-5, 17-3-8, 17-5-10, 13-44-23, 13-46-23 с высоким содержанием ядра (53,39-55,53 %) составили 14 %;

3. В группу со средним содержанием ядра вошли образцы, характеризующиеся выходом ядра 49,59-52,69 %, что составило 33 % – 17-2-5, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-25, 17-5-6, 17-6-6, 17-6-16, 17-6-24, 13-12-23, 13-34-23, 13-54-23, 13-64-23, 13-70-23, 13-102-23.

4. Низкое содержание ядра от 45,12 % до 49,54 % характерно для 11 образцов – Родина (к), 17-1-2, 17-1-14, 17-1-16, 17-4-18, 17-5-19, 13-35-23, 13-48-23, 13-52-23, 13-55-23, 13-102-23, что составило 23 %.

5. Орехи с очень низким содержанием ядра менее 45 % – 17-1-1, 17-1-11, 17-1-18, 17-3-11, 17-5-24, 17-6-18, 13-42-23, 13-45-23, 13-49-23, 13-92-23.

Толщина скорлупы имеет важное хозяйственное значение, так как влияет на легкость раскалывания ореха плода и транспортабельность орехоплодной продукции. Тонкоскорлупые орехи требуют более бережной транспортировки тонким слоем во избежание их порчи. Также толщина скорлупы наравне с толщиной мембраны определяют легкость выделяемости ядра. В производстве предпочтительны орехи со средней толщиной скорлупы от 1,21 до 1,59 мм. Минимальная толщина скорлупы в настоящей работе составила 1 мм, максимальная 3 мм, среднее значение 2,15 мм, коэффициент вариации составил 35,28 %.

По этому показателю все образцы оценены по 3-балльной шкале и сгруппированы:

1. Орехи с тонкой скорлупой (0,92-1,2 мм) – Родина (к), 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-23, 17-5-5, 17-5-8, 17-5-10, 17-6-6, 13-35-23, 13-44-23, 13-46-23, 13-64-23, 13-102-23.

2. Орехи со средней толщиной скорлупы (1,26-1,59 мм) составили 50 % – 17-1-1, 17-1-2, 17-1-4, 17-1-11, 17-1-14, 17-1-16, 17-1-18, 17-2-20, 17-3-8, 17-5-6, 17-5-19, 17-5-24, 17-6-16, 17-6-18, 17-6-24, 13-12-23, 13-34-23, 13-42-23, 13-48-23, 13-49-23, 13-52-23, 13-55-23, 13-70-23, 13-92-23;

3. Формы с толстой скорлупой (1,69 – 1,83 мм) – 17-2-25, 17-4-18, 13-45-23, 13-54-23.

Одним из наиболее важных признаков в селекции ореха грецкого является цвет ядра (рисунок 36). Светлый цвет ядра, выполненность ядра влияют как на внешнюю привлекательность, так и на вкусовые качества плода. При этом стоит отметить, что наиболее востербованные в мире сорта (Туларе, Чандлер, Дюрхем и др.) имеют светло-соломенный цвет ядра.

По цвету ядра все образцы разделены на 4 группы:

1. Очень светлое и соломенное ядро отмечено у образцов (на уровне 1 балла) –Родина (к), 17-2-5, 17-2-16, 17-2-20, 17-2-23, 17-3-8, 17-5-5, 17-5-10, 17-6-16, 17-6-24, 13-12-23, 13-35-23, 13-44-23, 13-54-23, 13-55-23, 13-64-23, 13-102-23;

2. Светлое по цвету ядро отмечено у 21 гибридной формы (2 балла) –17-1-1, 17-1-11, 17-1-16, 17-1-18, 17-2-14, 17-2-17, 17-4-18, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-19, 17-5-24, 17-6-6, 13-34-23, 13-42-23, 13-45-23, 13-46-23, 13-48-23, 13-49-23, 13-52-23, 13-70-23, 13-92-23.

3. У пяти изученных форм отмечено темное ядро (3 балла) –17-1-4, 17-1-14, 17-2-25, 17-3-11, 17-6-18.

4. Один образец имел темное ядро (4 балла) – 17-1-2.



Примечание: 1 – очень светлый цвет; 2 – светлый цвет; 3 – темный цвет; 4 – очень темный

Рисунок 36 – Пример градации признака «цвет ядра»

Помимо основных характеристик плода была проведена оценка восьми дополнительных признаков, которые имеют немаловажное значение в формировании потребительской привлекательности (таблица 23). С точки зрения технологичности, а также потребительской привлекательности ценятся светлые плоды округлой либо овальной формы, со сглаженной скорлупой, и тонкой перепонкой, так как наличие этих характеристик упрощает механизацию производства.

Выделяемость ядра целиком отмечена у 11 гибридных форм – 17-5-5, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-10, 17-5-24, 17-6-16, 17-6-18, 17-6-24, 13-12-23, 13-44-23, 13-64-23. Средняя выделяемость (половинки/четвертинки) у 27 образцов – Родина (к), 17-1-1, 17-1-2, 17-1-4, 17-1-11, 17-1-14, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-2-25, 17-3-11, 17-4-18, 17-5-19, 17-6-6, 13-34-23, 13-35-23, 13-46-23, 13-49-23, 13-54-23, 13-55-23, 13-70-23, 13-92-23, 13-102-23.

Таблица 23 – Дополнительные морфометрические характеристики плодов ореха грецкого

Сорт, форма	Выделяемость ¹ , балл	Выполненность ² , балл	Цвет ³ , балл	Толщина мембраны ⁴ балл	Структура скорлупы ⁵ , балл
Родина (к)	1	5	1	1	5
17-1-1	2	3	2	1	5
17-1-2	1	3	4	1	4
17-1-4	1	4	3	1	4
17-1-11	1	4	2	1	5
17-1-14	2	4	3	2	3
17-1-16	2	4	2	1	5
17-1-18	2	5	2	2	6
17-2-5	1	3	1	2	5
17-2-14	1	5	2	1	6
17-2-16	2	4	1	1	6
17-2-17	2	4	2	2	5
17-2-20	1	4	1	2	5
17-2-23	2	4	1	2	4
17-2-25	1	4	3	1	6
17-3-8	2	4	1	1	4
17-3-11	1	5	3	1	5
17-4-18	2	3	2	1	4
17-5-5	1	4	1	1	5
17-5-6	1	5	2	1	5
17-5-8	1	5	2	1	5
17-5-10	1	3	1	1	5
17-5-19	3	5	2	3	5
17-5-24	1	4	2	2	4
17-6-6	1	4	2	2	4
17-6-16	1	4	1	2	4
17-6-18	2	4	3	2	5
17-6-24	1	4	1	1	5
13-12-23	1	3	1	2	5
13-34-23	2	5	2	2	5
13-35-23	1	5	1	2	4
13-42-23	3	4	2	2	3
13-44-23	1	3	1	1	4
13-45-23	3	5	2	3	7
13-46-23	2	4	2	2	6
13-48-23	3	4	2	2	4
13-49-23	1	4	2	2	5
13-52-23	3	3	2	2	6
13-54-23	2	4	1	2	6
13-55-23	2	4	1	2	5
13-64-23	1	4	1	1	5
13-70-23	2	5	2	3	5
13-92-23	1	3	2	2	4
13-102-23	2	4	1	2	5

Примечание: ¹выделяемость: 1 – легко (целиком, половинками), 2 – средне (четвертинками), 3– трудно; ²выполненность: 1-3 – ядро не полное, плохо выполненное, 4-5 – средняя полнота ядра; 6 -7 – полное, выполненное ядро; ³цвет: 1-очень светлое, 2-светлое, 3-среднее, 4- темное, 5-очень темное; ⁴толщина мембраны: 1 – очень тонкая; 2- средняя; 3- толстая; ⁵структура скорлупы: 1-2 – очень гладкая, 3-4 – гладкая, 5-6 – средняя, 7-8 – грубая.

Шесть форм ореха грецкого выделялись трудно – 17-1-16, 17-3-8, 13-42-23, 13-45-23, 13-48-23, 13-52-23.

Выполненность характеризует степень заполненности внутреннего объема скорлупы ядром и определяется глазомерно (рисунок 37). По данному признаку выделены 3 группы образцов:

1. Хорошо выполненные ядра (5-6 б.) – Родина (к), 17-1-18, 17-2-14, 17-3-11, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-19, 13-34-23, 13-35-23, 13-45-23, 13-70-23;

2. Средняя полнота ядра (4 б.) – 17-1-4, 17-1-11, 17-1-14, 17-1-16, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-2-25, 17-3-8, 17-5-5, 17-5-24, 17-6-6, 17-6-16, 17-6-18, 17-6-24, 13-42-23, 13-46-23, 13-48-23, 13-49-23, 13-54-23, 13-55-23, 13-64-23, 13-102-23;

3. Выполненность ядра слабая (1-3 балла) – 17-1-1, 17-1-2, 17-2-5, 17-4-18, 17-5-10, 13-12-23, 13-44-23, 13-52-23, 13-92-23.



Примечание: 1 – слабая выполненность; 2-3 – средняя полнота ядра; 4 – хорошо выполненное ядро

Рисунок 37 – Выполненность ядер ореха грецкого

Оценка признака «толщина мембраны» проводилась по 3-балльной шкале, где 1 – мембрана тонкая, бумажная, легко ломается, 2 – мембрана средняя, 3 – мембрана твёрдая, ломается трудно.

По данному признаку было выделено 19 гибридных форм с тонкой мембраной – Родина (к), 17-1-1, 17-1-2, 17-1-4, 17-1-11, 17-1-16, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-25, 17-3-8, 17-4-18, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-10, 17-6-24, 13-44-23, 13-64-23.

Средняя толщина мембраны отмечена у 22 гибридных форм образцов – 17-1-14, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-5-24, 17-6-6, 17-6-16, 17-6-18, 13-12-23, 13-34-23, 13-35-23, 13-42-23, 13-46-23, 13-48-23, 13-49-23, 13-52-23, 13-54-23, 13-55-23, 13-92-23, 13-102-23;

Твердая мембрана отмечена у трех гибридов – 17-5-19, 13-45-23, 13-70-23.

По характеру поверхности скорлупы («структура скорлупы») выделены гладкие формы (3-4 балла) – 17-1-2, 17-1-4, 17-1-14, 17-2-23, 17-3-8, 17-4-18, 17-5-24, 17-6-6, 17-6-16, 13-35-23, 13-42-23, 13-44-23, 13-48-23, 13-92-23. Средняя скорлупа (5-6 баллов) отмечена у 29 форм – Родина (к), 17-1-1, 17-1-11, 17-1-16, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-25, 17-3-11, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-10, 17-5-19, 17-6-18, 17-6-24, 13-12-23, 13-34-23, 13-46-23, 13-49-23, 13-52-23, 13-54-23, 13-55-23, 13-64-23, 13-70-23, 13-102-23. Один образец отличался грубой скорлупой (7 б.) – 13-45-23.

Такие характеристики как длина плода, диаметр при измерении по наиболее выпуклой части створок плода (диаметр ф/ф), диаметр по ребрам позволяют более точно определить форму плода (таблица 24).

По параметрам плодов гибридные формы сгруппированы и оценены по пятибалльной шкале:

- 5 баллов: плоды длиной более 41 мм, диаметр плода по шву и бокам более 34 мм – Родина, 17-1-18, 13-64-23;

- 4 балла: формы длина которых от 38,1 до 41 мм, диаметр по шву 32-34 мм и бокам 32-34 мм – 17-4-18, 17-5-24, 13-35-23, 13-52-23, 13-54-23, 13-55-23, 13-92-23, 13-102-23;

- 3 балла: длина 35,1-38 мм, диаметр 30,1-32 – 17-1-1, 17-1-2, 17-1-11, 17-2-16, 17-2-20, 17-2-25, 17-3-8, 17-3-11, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-10, 17-6-6, 17-6-16, 17-6-18, 17-6-24, 13-34-23, 13-48-23;

- 2 балла: длина плода 32,1-35 мм, диаметр 28,1-30 мм – 17-1-4, 17-1-14, 17-1-16, 17-2-5, 17-2-14, 17-2-17, 17-5-19, 13-12-23, 13-42-23, 13-45-23, 13-49-23, 13-70-23.

Таблица 24 – Дополнительные морфометрические характеристики плодов

Сорт/форма	Длина плода, мм	Диаметр плода (по бокам), мм	Диаметр плода (по шву), мм	Коэффициент формы ореха
Родина (к)	41,21±0,48	33,2±2,81	33,41±0,64	0,81±0,009
17-1-1	37,19±2,32	31,84±5,75	30,5±2,1	0,84±0,005
17-1-2	37,44±0,94	31,84±2,43	31,35±1,18	0,84±0,006
17-1-4	32,58±1,1	30,52±1,79	29,1±0,74	0,95±0,018
17-1-11	38,09±0,71	32,28±0,66	31,21±0,2	0,83±0,018
17-1-14	34,15±1,31	32,48±0,9	30,58±0,5	0,92±0,024
17-1-16	33,89±0,48	32,4±1,82	29,91±0,86	0,92±0,006
17-1-18	46,73±0,8	30,95±2,97	30,8±0,85	0,66±0,008
17-2-5	33,6±0,72	30,98±2,92	30,69±0,88	0,92±0,025
17-2-14	34,87±0,6	29,89±2,63	28,85±0,59	0,84±0,011
17-2-16	35,21±0,48	29,74±2,11	29,53±0,41	0,84±0,009
17-2-17	33,1±1,09	27,64±10,35	29,27±0,89	0,86±0,057
17-2-20	36,82±0,75	28,39±1,45	29,14±1,15	0,78±0,015
17-2-23	31,58±0,4	30,92±1,36	29,52±0,16	0,96±0,015
17-2-25	37,54±1,09	31,92±2,27	29,45±0,97	0,82±0,004
17-3-8	35,25±0,02	31,43±1,43	29,99±0,52	0,87±0,013
17-3-11	37,09±0,64	28,71±1,76	29,57±0,41	0,79±0,004
17-4-18	40,87±0,6	32,8±3,02	31,42±0,31	0,79±0,006
17-5-5	36,73±0,18	28,43±3,51	27,66±0,84	0,76±0,026
17-5-6	35,7±0,79	28,72±1,5	27,33±1,01	0,79±0,016
17-5-8	35,56±0,1	30,24±0,69	30,9±0,04	0,86±0,005
17-5-10	37,04±0,72	29,09±2,26	28,41±0,81	0,78±0,028
17-5-19	35,04±0,29	31,07±1,08	31±0,46	0,89±0,009
17-5-24	38,84±0,41	34,53±2,89	32,72±0,72	0,87±0,013
17-6-6	37,72±0,22	30,48±1,1	29,58±0,43	0,8±0,005
17-6-16	35,32±0,53	30,52±0,6	30,32±0,57	0,86±0,006
17-6-18	37,13±0,2	36,11±1,22	34,31±0,2	0,95±0,003
17-6-24	36,86±0,33	31,77±1,27	32,35±0,68	0,87±0,009
13-12-23	33,43±0,25	30,85±3,21	31,24±0,17	0,93±0,012
13-34-23	35,99±0,11	30,14±2	31,43±0,35	0,86±0,014
13-35-23	39,23±0,23	31,74±1,58	32,13±0,52	0,81±0,009
13-42-23	32,9±0,16	31,55±0,76	30,99±0,12	0,95±0,004
13-44-23	29,67±0,12	27,66±1,62	26,37±0,41	0,91±0,01
13-45-23	34,57±0,1	32,85±0,59	33,17±0,25	0,95±0,006
13-46-23	31,96±0,51	32,75±0,52	32,61±0,28	1,02±0,021
13-48-23	36,51±0,06	33,82±2,71	32,26±0,33	0,91±0,011
13-49-23	33,53±0,24	31,51±3,77	29,79±0,7	0,91±0,025
13-52-23	38,25±0,63	33,43±1,75	32,3±0,62	0,86±0,002
13-54-23	39,39±0,94	33,04±6,64	33,06±0,72	0,84±0,021
13-55-23	40,56±0,42	29,58±1,92	28,68±0,22	0,72±0,014
13-64-23	42,28±1,86	31,36±2,38	31,42±0,6	0,74±0,02
13-70-23	32,98±1,01	32,17±0,39	32,3±0,43	0,98±0,024
13-92-23	38,67±2,03	32,14±1,25	31,28±1,46	0,82±0,019
13-102-23	40,6±1,17	31,61±1,24	31,22±0,35	0,77±0,015

Плоды ореха грецкого характеризуются достаточно большим разнообразием форм. Орех может быть, как круглыми, так и эллиптически-яйцевидным, эллиптически-обратно яйцевидным, удлинённо-эллиптическим, прямоугольным, треугольным, овальным, трапециевидным и др. Плоды округлой или овальной формы считаются более хозяйственно-ценными, так как их форма позволяет механизировать производство, прибегая к машинной колке.

Плоды, у которых главный коэффициент формы равен 0,95 и более относятся к округлым. У семи образцов выявлен коэффициент формы более 0,95, что позволяет считать их округлыми – 17-1-4, 17-2-23, 17-6-18, 13-42-23, 13-45-23, 13-46-23, 13-70-23.

Дальнейшая оценка формы плодов, не попавших в группу округлых, проводилась согласно Дескриптору (рисунок 17). Большинство изученных форм имели яйцевидную форму плода – Родина (к), 17-1-1, 17-1-11, 17-1-14, 17-2-5, 17-2-14, 7-2-16, 17-2-20, 17-2-25, 17-3-8, 17-3-11, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-10, 17-5-19, 17-5-24, 17-6-6, 17-6-16, 13-12-23, 13-34-23, 13-35-23, 13-44-23, 13-48-23, 13-52-23, 13-54-23, 13-92-23, 13-102-23. У двух образцов отмечена удлинённая трапециевидная форма (long trapezoid) – 17-4-18. Также два образца характеризовались короткой трапециевидной формой (short trapezoid) – 17-1-2, 17-1-16. Две гибридные формы имели укороченную эллиптическую форму (broad elliptic) – 13-55-23, 13-64-23. Один образец был эллиптической формы (elliptic) – 17-1-18 и один имел широкую эллиптическую форму (broad elliptic) – 17-5-6. У одного образца отмечена форма triangular – 13-49-23. На рисунке представлены плоды ореха грецкого различной формы (рисунок 38).



Примечание: 17-1-4 – округлая форма плода; 17-1-18 – эллиптическая форма; 13-102-23 – яйцевидная форма; 13-64-23 – широкая эллиптическая форма
 Рисунок 38 – Плоды изученных гибридных форм ореха грецкого различной формы

В результате комплексной оценки качества плодов форм ореха грецкого выделены образцы-источники по отдельным ключевым селекционно-ценным признакам (таблица 25).

Таблица 25 – Селекционные формы ореха грецкого – источники ценных признаков качества плодов

Характеристика качества плода	Селекционная форма
Очень крупноплодные (более 14 г)	17-4-18, 13-48-23
Крупноплодные (12,2-13-77 г)	Родина (к), 17-1-18, 17-5-24, 17-6-18, 13-35-23, 13-45-23, 13-52-23, 13-54-23, 13-70-23
Очень высокое содержание ядра более 56%.	17-2-23, 17-2-14, 17-5-8
Высокое содержание ядра (53,39-55,53%)	17-1-4, 17-2-16, 17-5-5, 17-3-8, 17-5-10, 13-44-23, 13-46-23

Продолжение таблицы 25

Тонкая скорлупа (0,92-1,2 мм)	Родина (к), 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-23, 17-5-5, 17-5-8, 17-5-10, 17-6-6, 13-35-23, 13-44-23, 13-46-23, 13-64-23, 13-102-23
Светлое ядро	Родина (к), 17-2-5, 17-2-16, 17-2-20, 17-2-23, 17-3-8, 17-5-5, 17-5-10, 17-6-16, 17-6-24, 13-12-23, 13-35-23, 13-44-23, 13-54-23, 13-55-23, 13-64-23, 3-102-23
Выделяемость целиком	17-5-5, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-10, 17-5-24, 17-6-16, 17-6-18, 17-6-24, 13-12-23, 13-44-23, 13-64-23
Хорошо выполненные ядра (5-6 б.)	Родина (к), 17-1-18, 17-2-14, 17-3-11, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-19, 13-34-23, 13-35-23, 13-45-23, 13-70-23
Тонкая мембрана	Родина (к), 17-1-1, 17-1-2, 17-1-4, 17-1-11, 17-1-16, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-25, 17-3-8, 17-4-18, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-10, 17-6-24, 13-44-23, 13-64-23
Гладкая скорлупа	17-1-2, 17-1-4, 17-1-14, 17-2-23, 17-3-8, 17-4-18, 17-5-24, 17-6-6, 17-6-16, 13-35-23, 13-42-23, 13-44-23, 13-48-23, 13-92-23.
Округлая форма	17-1-4, 17-2-23, 17-6-18, 13-42-23, 13-45-23, 13-46-23, 13-70-23
Низкий коэффициент вариации качества плодов	17-2-14, 17-3-11, 13-12-23, 13-35-23, 13-52-23

На рисунке 39 показано распределение количества образцов, имеющих лучшие показатели по каждому признаку. Самым многочисленным критерием является тонкая мембрана. Критерий массы плода больше 14 гр выполнен всего двумя формами.



Рисунок 39 – Количество гибридных форм с лучшими показателями по каждому изученному признаку

Корреляционный анализ выявил статистически значимые взаимосвязи между признаками (рисунок 40).

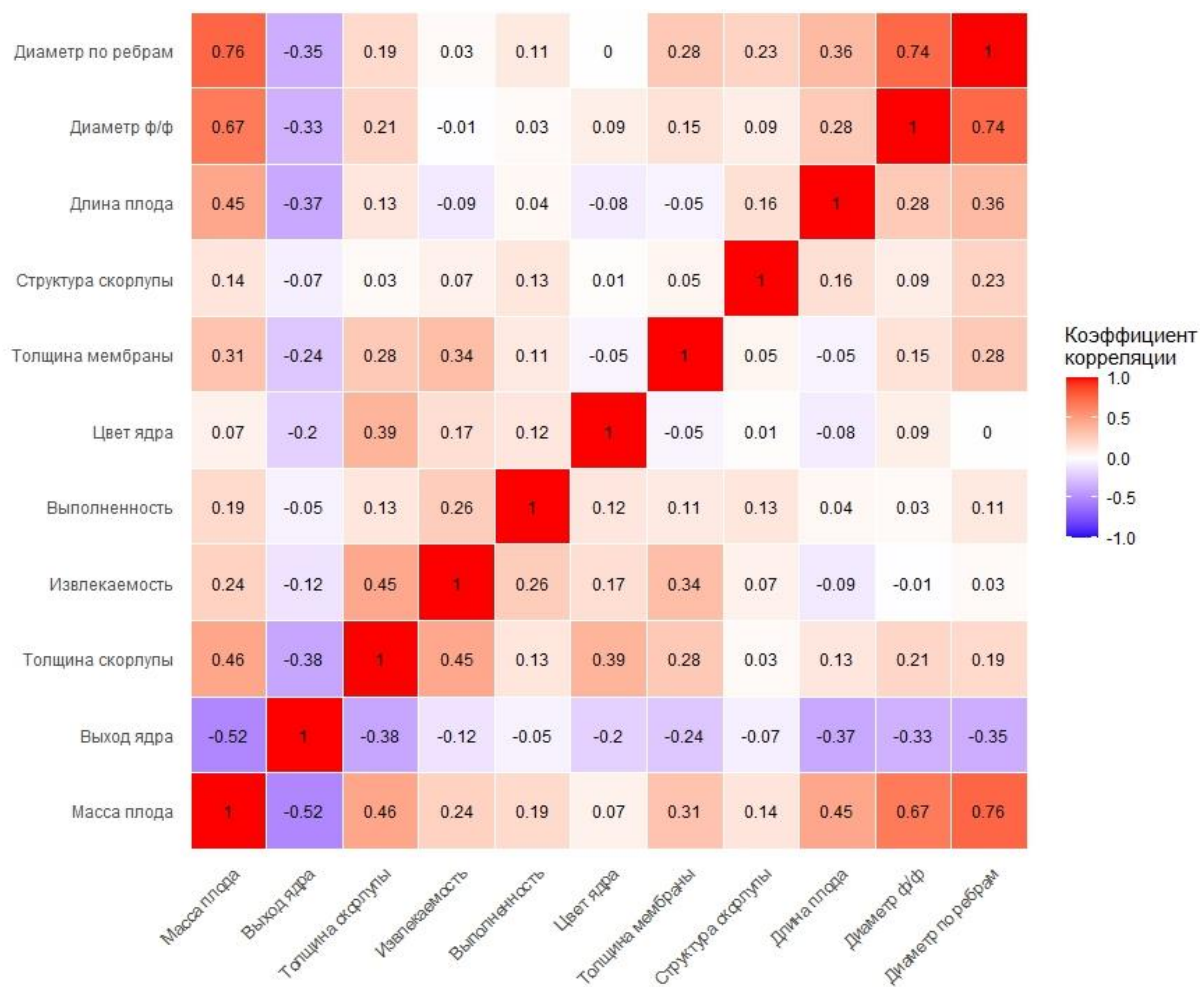


Рисунок 40 – Корреляционная матрица морфометрических признаков плодов изученных гибридных форм ореха грецкого

Для оценки статистической значимости коэффициентов корреляции Пирсона (r) между парами морфологических признаков плодов был применен t -критерий Стьюдента. На основании полученных значений p -value выделены следующие группы корреляций:

1. Сильные положительные корреляции ($p < 0,001$) выявлены между массой плода и диаметр (по шву/по бокам) $r = 0,67-0,76$, а также между диаметром по шву и по бокам $r = 0,74$

2. Значимые корреляции выявлены на уровне $p < 0,01$ между признаками толщина скорлупы и извлекаемость ($r = 0,45$), между массой плода и длиной плода

$r=0,45$. Отрицательная корреляция отмечена между массой плода и выходом ядра $r=-0,52$.

3. Значимые отрицательные корреляции ($p<0,05$).

В таблице 26 представлены результаты расчета t-критерия и p-value для наиболее информативных пар признаков.

Таблица 26 – Ключевые корреляции и их статистическая значимость

Пара признаков	r	t-статистика	p-value	Уровень значимости
Масса плода — Диаметр по шву	0,76	7,57	<0,0001	***
Масса плода — Диаметр по бокам	0,67	5,86	<0,0001	***
Диаметр по шву — Диаметр по бокам	0,74	7,16	<0,0001	***
Масса плода — Выход ядра	-0,52	-3,96	0,0003	***
Выход ядра — Толщина скорлупы	-0,38	-2,65	0,011	*
Толщина скорлупы — Извлекаемость	0,45	3,28	0,002	**
Выход ядра — Длина плода	-0,37	-2,58	0,013	*
Масса плода — Толщина скорлупы	0,46	3,35	0,002	**
Масса плода-Длина плода	0,45	3,28	0,002	**
Масса плода-толщина мембраны	0,31	2,12	0,040	*

Проведенный корреляционный анализ выявил ряд взаимосвязей, которые находят подтверждение в работах других авторов. В частности, отрицательная корреляция между массой плода и выходом ядра ($r = -0,52$), выявленная в настоящем исследовании, является хорошо известным в селекции компромиссом и согласуется с данными, полученными для различных популяций ореха грецкого [142; 199]. Аналогично, устойчивая положительная связь массы плода с его линейными размерами, такая как с диаметром по шву ($r = 0,76$) и длиной ($r = 0,45$), полностью соответствует результатам, описанным в литературе, где коэффициенты корреляции между массой ореха и его шириной достигают 0,83 [155]. Также была подтверждена значимая отрицательная корреляция между

толщиной скорлупы и выходом ядра ($r = -0,38$), что является общепризнанной закономерностью, отмеченной в ряде исследований [229].

Для объективной классификации гибридных форм по комплексу признаков был проведен иерархический кластерный анализ, результат которого представлен в виде дендрограммы (рисунок 41). В нашей работе кластерный анализ проводился на основе всех изученных признаков с использованием метода Уорда и коэффициента евклидова расстояния.

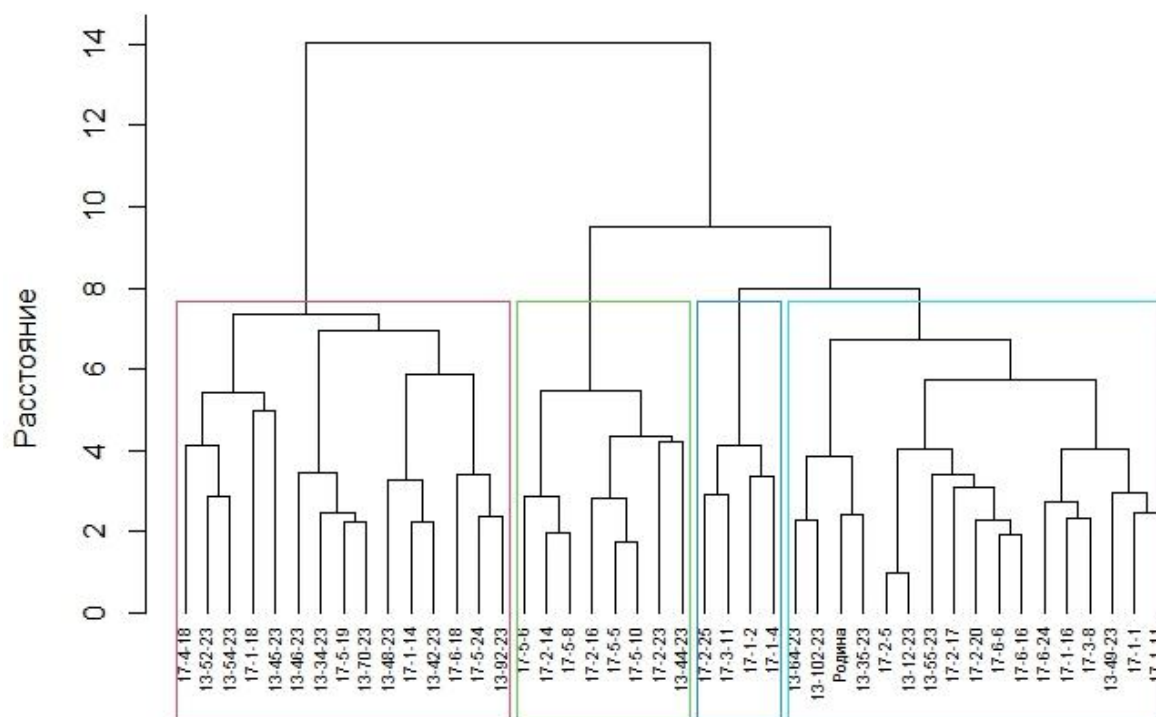


Рисунок 41 – Дендрограмма, построенная по результатам кластерного анализа гибридных форм ореха грецкого по морфологическим признакам плода

Красный кластер объединил 15 гибридных форм, большинство которых характеризуется крупноплодностью. Средняя масса плода в данной группе варьирует от 12,4 г до 14,21 г. Формы 17-4-18 (14,21 г) и 13-48-23 (14,27 г) отнесены к группе очень крупноплодных образцов. Характерной особенностью форм в первом (красном) кластере является толщина скорлупы, равная в среднем от 1,52 мм до 1,83 мм. Выход ядра составляет 41,45 -52,67 %.

Зеленый кластер включает восемь форм с низкой массой плода (6,42-9,62 г) и высоким выходом ядра (54,6 – 61,81 %). Формы 17-2-23 (61,83 %), 17-2-14

(56,8%), 17-5-8 (56,77%) выделены как источники признака «очень высокое содержание ядра». Толщина скорлупы в кластере варьирует от 0,92 мм до 1,15 мм, что относится к группе тонкоскорлупых форм.

Синий кластер представляет промежуточную группу, состоящую из четырех образцов со средними показателями массы и выхода плода. У отдельных форм отмечена толстая скорлупа – 17-2-25 (1,69 мм), 17-3-11 (1,64 мм). Голубой кластер является наиболее многочисленным (17 форм). В данный кластер входит сорт-контроль Родина. Образцы в данном кластере характеризуются средней массой плода, выходом ядра и преимущественно тонкой скорлупой. Значительная часть форм данного кластера выделена в качестве источника признака «тонкая скорлупа».

На основе комплексной оценки селекционно-ценных признаков плодов ореха грецкого выделены наиболее ценные гибридные формы. Отобраны гибриды, которые обладают комплексом ценных признаков (рисунок 42).



Рисунок 42 – Диаграмма наличия ценных хозяйственных признаков качества плодов у гибридных форм ореха грецкого

Как видно из рисунка четыре гибрида отличаются высокими показателями по семи характеристикам. Еще девять форм обладают шестью признакам и две превосходят другие изученные формы по пяти признакам. В приложении К представлены примеры плодов некоторых изученных гибридных форм.

Выделены формы-лидеры по числу признаков качества плодов, превосходящих сорт-контроль:

- 17-2-14 превосходит сорт-контроль по четырем признакам (выход ядра, толщина скорлупы, выполненность ядра, структура скорлупы);

- 13-70-23 и 13-64-23 превосходят сорт-контроль по трем признакам: 13-70-23 сочетает большую массу, высокий выход ядра и отличную выполненность; 13-64-23 выделяется высоким выходом ядра, самой тонкой скорлупой и большей длиной плода.

Также выделены источники отдельных признаков, как например источники крупноплодности: 17-4-18, 13-48-23, 13-54-23;

высокого выхода ядра: 17-2-23 (61,83 %), 17-5-8; тонкой скорлупы: 13-64-23 (0,96 мм), 17-5-5 (1,00 мм), 17-2-16 (1,02 мм); отличной выполненности ядра: 17-1-18, 13-45-23, 13-70-23, 17-2-14, 17-5-8.

Таким образом, анализ по признакам качества плодов позволил выявить образцы с наиболее ценными характеристиками. При этом некоторые образцы обладают комплексом признаков, что повышает их ценность с точки зрения селекции.

3.4 Биохимический состав плодов ореха грецкого

С учетом высокой биологической и пищевой ценности ядер плодов ореха грецкого, нами был осуществлен анализ некоторых показателей химического состава ядра и профиль жирных кислот изучаемых гибридных форм. Было определено общее содержание жиров, фенольных соединений, макроминералов, сухих водорастворимых веществ, влаги (таблица 27). Наибольшее значение в определении качества ядра имеет количество жирных кислот.

Таблица 27 – Биохимический анализ плодов гибридных форм ореха грецкого (2022-2025 гг.)

Сорт, форма	Жир, %	Фенольные соединения, г/кг	Сухие водорастворимые вещества, %	К, г/кг	Na, г/кг	Mg, г/кг	Ca, г/кг	Влажность, %
Родина (к)	75	1,12	5	5,1	0,1	1,4	0,3	3,39
17-1-1	72	1,54	7	6,7	0,1	2,8	0,4	3,52
17-1-2	71	1,12	7	4,1	0,3	0,7	0,2	3,83
17-1-4	72	1,15	4	3,7	0,2	1,4	0,2	3,6
17-1-11	76	1,16	5	5,0	0,2	1,7	0,4	3,56
17-1-14	73	0,78	4	5,5	0,4	1,8	1,2	3,11
17-1-16	77	1,73	7	5,0	1,2	2,1	3,8	3,29
17-1-18	76	1,22	6	3,1	0,3	1,0	0,4	3,1
17-2-5	74	0,98	5	10,2	3,5	0,2	3,2	3,52
17-2-14	71	0,82	7	4,6	0,3	0,6	0,2	3,74
17-2-16	73	0,00	6	2,0	0,4	0,9	0,7	3,18
17-2-17	72	1,17	6	4,1	0,1	1,4	0,3	3,8
17-2-20	73	0,92	6	3,4	0,2	1,0	0,6	3,11
17-2-23	71	1,08	7	4,3	0,3	0,9	0,2	4,06
17-2-25	68	1,57	6	18,6	1,3	5,8	1,8	3,01
17-3-8	72	1,25	6	4,2	0,1	1,6	1,2	4,17
17-3-11	71	1,09	6	2,0	0,3	0,6	0,2	3,36
17-4-18	71	0,00	7	2,8	0,1	1,4	0,3	3,8
17-5-5	73	1,20	6	4,4	0,7	2,1	0,9	3,24
17-5-6	72	0,00	6	4,9	0,3	1,0	0,8	3,55
17-5-8	73	0,85	7	4,0	0,2	0,9	0,4	4,12
17-5-10	71	1,18	8	5,8	0,3	1,7	0,9	4,39
17-5-19	72	1,07	7	5,3	0,9	2,0	4,2	3,56
17-5-24	71	1,33	5	9,2	0,9	3,4	1,6	3,45
17-6-6	71	1,10	8	6,2	0,3	2,1	0,9	4,12
17-6-16	66	0,78	9	7,2	0,3	2,6	1,3	3,36
17-6-18	63	1,05	7	7,0	0,3	1,8	1,1	3,93
17-6-24	69	0,96	10	5,7	0,2	2,0	1,5	3,69
13-12-23	61	1,18	8	5,8	0,3	1,7	0,9	4,04
13-34-23	69	0,97	5	0,6	0,4	2,0	0,8	3,38
13-35-23	73	0,96	10	5,7	0,2	2,0	1,5	3,28
13-42-23	65	0,78	9	7,2	0,3	2,6	1,3	3,21
13-44-23	66	0,98	8	5,4	0,3	1,9	0,8	3,5
13-45-23	71	1,03	7	6,4	0,3	2,3	1,2	2,9
13-46-23	69	0,86	11	7,2	0,3	2,3	1,0	3,65
13-48-23	71	1,05	7	7,0	0,3	1,8	1,1	3,02
13-49-23	68	2,45	8	5,4	0,4	1,8	0,9	3,84
13-52-23	69	1,10	8	6,2	0,3	2,1	0,9	3,68
13-54-23	69	1,33	5	9,2	0,9	3,4	1,6	3,97
13-55-23	69	0,93	6	7,2	0,3	2,3	1,8	2,98
13-64-23	69	1,37	8	7,0	0,3	2,4	2,1	3,36
13-70-23	72	0,72	6	11,1	1,3	4,0	0,3	3,42
13-92-23	66	0,72	9	0,0	0,0	0,0	0,0	
13-102-23	70	1,07	9	6,9	0,4	2,2	2,6	3,22
Среднее	71	1,1182	6,9	5,76	4,56	1,87	1,09	3,5
SD	3,26	0,44	1,61	3,12	0,57	1,06	0,94	0,37
CV	4,72	29,56	26,23	53,12	131,76	57,26	94,35	11,00
НСР _{0,5}	0,55	5,38	0,39	16,49	7,25	9,64	9,34	0,18

Примечание: SD – стандартное отклонение, CV- коэффициент вариации

Высокие значения CV для содержания натрия (131,76 %), кальция (94,35 %) и калия (53,12 %) свидетельствуют о значительной изменчивости этих признаков в изученной коллекции, что может быть связано как с генетическими особенностями форм, так и с условиями выращивания. Низкий CV для содержания жира (4,72 %) и влажности (11,00 %) указывает на относительную стабильность этих признаков у исследованных гибридов.

Проведенные исследования показали, что общее содержание жирных кислот в ядрах, изученных образцов варьирует от 61 % (13-12-23) до 77 % (17-1-16). На основании содержания жира все изученные образцы были разделены на две группы (рисунок 43)



Рисунок 43 – Соотношение групп ореха грецкого по содержания жира в ядре, %

1. Высокомасличные формы (содержание жиров >70 %). В данную группу вошли 28 гибридных форм (63 %) с содержанием масла в пределах 71–77 %. Контрольный сорт Родина также отнесен к этой категории, показывая высокий показатель 75 %. Три образца продемонстрировали более высокий уровень содержания масла, чем сорт-контроль - 17-1-11, 17-1-16, 17-1-18. Полученные данные подтверждают селекционную ценность изученных гибридных форм, как источников признака масличности.

2. Масличные формы (содержание жира <70 %) – 17-2-25, 17-6-16, 17-6-18, 17-6-24, 13-12-23, 13-34-23, 13-42-23, 13-44-23, 13-46-23, 13-49-23, 13-52-23, 13-54-23, 13-55-23, 13-64-23, 13-92-23, 13-102-23, у которых содержание жира варьировало в диапазоне 61–70 %. Несмотря на относительно более низкие показатели, данные формы могут представлять интерес для селекции в условиях, где приоритетными являются иные биохимические или агрономические характеристики.

Полученные данные сопоставимы с исследованиями, проводимыми в мире. В работе Beyhan (2017) содержание жиров составило от 51,2 % до 82,1 % в 19 образцах ореха грецкого [165]. Общее содержание масла составляло от 62,6 до 70,3 % в образцах, выращенных в Новой Зеландии [249]. В другом исследовании, проведенном иранскими учеными, общее содержание жиров в шести сортах ореха грецкого, составило от 63,3 до 78,5 % [95].

Расчет стандартного отклонения позволил оценить степень изменчивости признака в группах образцов. Был рассчитан показатель среднего отклонения в группах высокомасличных форм и масличных образцов. Стандартное отклонение в первой группе образцов – 1,71 %, во второй в свою очередь – стандартное отклонение равно 2,54 %. Вариабельность масличных форм более высокая по сравнению с высокомасличной группой, которая исходя из показателя стандартного отклонения более однородна. Коэффициент вариации, проводимый для сравнения вариативности между группами, позволил подтвердить, что обе группы образцов однородны, так как имеют низкий коэффициент вариации меньше 10 %, так для высокомасличных образцов коэффициент вариации равен 2,36 %, для масличной группы – 3,78 %.

Содержание фенольных соединений варьировало от 0,72 до 2,45 г/кг (рисунок 44). Максимальное содержание фенольных соединений (1,54-2,45 г/кг) отмечено у гибридов: 17-1-1, 17-1-16, 17-2-25, 13-49-23.

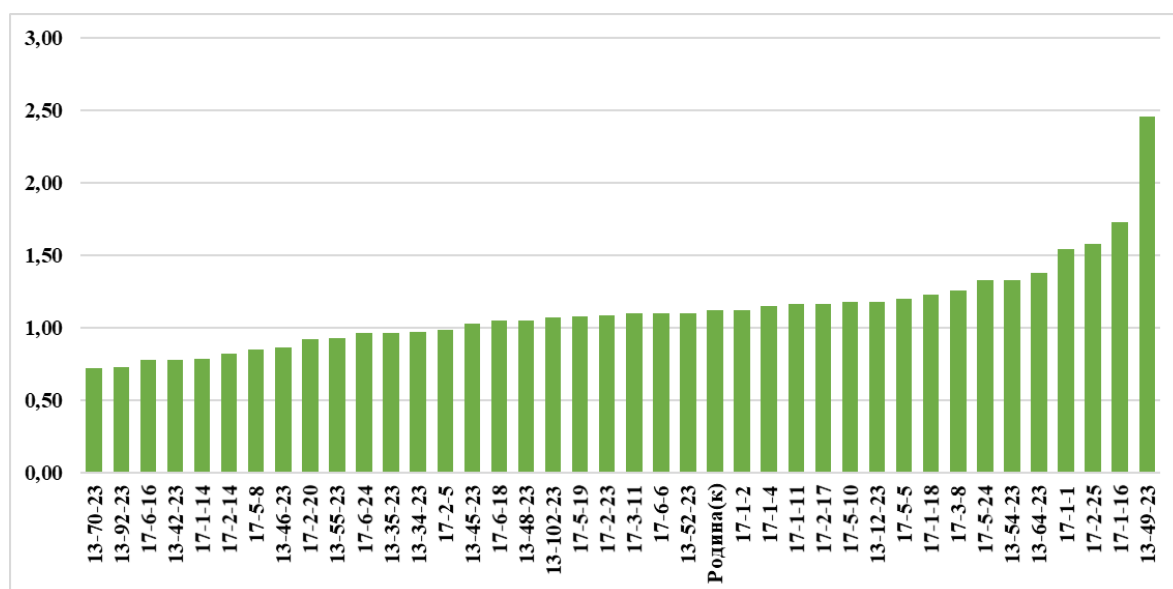


Рисунок 44 – Содержание фенольных соединений в плодах ореха грецкого (г/кг)

Среднее содержание фенольных соединений (от 1,03 до 1,37 г/кг) отмечено у 22 гибридных форм: 13-45-23, 17-6-18, 13-48-23, 13-102-23, 17-5-19, 17-2-23, 17-3-11, 17-6-6, 13-52-23, Родина(к), 17-1-2, 17-1-4, 17-1-11, 17-2-17, 17-5-10, 13-12-23, 17-5-5, 17-1-18, 17-3-8, 17-5-24, 13-54-23, 13-64-23.

Минимальный показатель содержания фенольных соединений в пределах 0,72-0,98 г/кг отмечено у 18 гибридов ореха грецкого: 17-2-16, 17-4-18, 17-5-6, 13-44-23, 13-70-23, 13-92-23, 17-6-16, 13-42-23, 17-1-14, 17-2-14, 17-5-8, 13-46-23, 17-2-20, 13-55-23, 17-6-24, 13-35-23, 13-34-23, 17-2-5.

Содержание макроэлементов значительно варьирует в зависимости от образца. Полученные результаты показали, что в изученных образцах содержится достаточно высокое количество необходимых минералов, таких как калий (0,6 - 18,6 г/кг), натрий (0,1 - 3,5 г/кг), магний (0,2-5,8 г/кг), кальций (0,2-4,2 г/кг). Калий является доминирующим элементов в изученных гибридных формах. Высокое содержание калия (>8 г/кг) отмечено у пяти гибридных форм: 17-2-5, 17-2-25, 17-5-24, 13-54-23, 13-70-23. Среднее содержание (от 5 до 8 г/кг) у 22 гибридов, в том числе у сорта-контроля Родина (5,1 г/кг). 17 образцов характеризовались сниженным содержанием калия, включая два образца с экстремально низкими значениями (<5 г/кг).

Содержание натрия варьировало от 0,1 до 3,5 г/кг. Четыре формы отличались более высоким содержанием натрия (от 1,2 до 3,5 г/кг): 17-2-5 - 3,5 г/кг, 13-70-23 - 1,3 г/кг, 17-2-25 - 1,3 г/кг, 17-1-16 - 1,2 г/кг.

Среднее содержание натрия (0,2-1 г/кг) отмечено у 26 гибридов, 14 образцов, включая контроль, характеризовались минимальным содержанием натрия (0,1-0,2 г/кг).

Высоким содержанием магния (>2,5 г/кг) характеризовались 23 гибридные формы, максимальное значение отмечено у формы 17-2-25 (5,8 г/кг). Среднее содержание магния (1-2,5 г/кг) имели 12 форм, в том числе контрольный сорт (1,4 г/кг). У девяти образцов выявлено низкое содержание магния менее 1 г/кг.

Содержание кальция было в пределах 0,2-9,3 г/кг. Семь форм отличались высоким содержанием кальция (> 2 г/кг). Гибридная форма 17-5-19 характеризовалась максимальным значением 4,2 г/кг. Среднее содержание (0,5-2 г/кг) кальция отмечено у 22 гибридных форм. Минимальные значения (<0,6 г/кг) выявлены у 15 гибридных форм.

Анализ содержания макроэлементов в плодах ореха грецкого позволил идентифицировать формы с ценными характеристиками. Так, у формы 17-2-25 отмечено максимальное содержание калия (18,6 г/кг) и магния (5,8 г/кг), что делает его ценным исходным материалом для селекции на повышение пищевой ценности. Гибрид 17-2-5 характеризуется максимальным содержанием натрия (3,5г/кг) и высоким содержанием калия (10,2 г/кг) и кальция (3,2 г/кг). Форма 17-5-19 лидирует по показателю содержания кальция (4,2 г/кг) и характеризуется также высоким содержанием натрия (0,9г/кг).

Калий является наиболее распространенным минералом в ядрах ореха грецкого, за ним идет магний, кальций, натрий. Полученные данные согласуются с исследованиями, проводимыми в Турции [122], Иране [144]. Несмотря на то, что содержание микроэлементов в плодах не является приоритетным селекционным признаком для ореха грецкого, эта информация может учитываться как при использовании изученных образцов в селекции, так и при регистрации элитных форм в качестве сортов и включении их в Государственный реестр селекционных

достижений, допущенных к использованию. Содержание сухих водорастворимых веществ варьирует от 4 до 11 %. Низкая влажность является ключевым параметром, влияющим на длительность хранения плодов, так как именно благодаря низкому содержанию влаги в ядрах предотвращается размножение микроорганизмов и образование нежелательных биохимических изменений [280]. В ядрах изучаемых гибридных форма ореха грецкого содержание влаги варьировало от 2,9 % до 4,39 %.

Исследование жирнокислотного состава плодов гибридных форм ореха грецкого представляет значительный научный и практический интерес в контексте изучения пищевой и биологической ценности ореха грецкого. В ходе проведенного анализа были выявлены девять основных жирных кислот, определяющих липидный профиль, изучаемых образцов. Наибольшей вариабельностью ($CV=27,94\%$) характеризовалось содержание пальмитолеиновой кислоты ($C16:1$), в то время как доля линолевой кислоты ($C18:2$) была наиболее стабильным признаком ($CV=7,70\%$) (таблица 28).

Таблица 28– Жирнокислотный состав плодов ореха грецкого

Образец	$C14:0^1$	$C16:0^2$	$C16:1^3$	$C18:0^4$	$C18:1^5$	$C18:2^6$	$C18:3^7$	$C20:0^8$	$C20:1^9$
Родина (к)	0,02	6,07	0,06	2,33	20,67	61,55	9,09	0,07	0,13
17-1-1	0,03	6,00	0,04	3,9	17,62	59,81	12,34	0,10	0,15
17-1-2	0,02	5,51	0,04	3,06	17,01	63,84	10,28	0,08	0,16
17-1-4	0,02	5,7	0,05	3,64	23,48	57,38	9,51	0,09	0,14
17-1-11	0,03	6,13	0,06	2,43	17,8	61,7	11,65	0,07	0,13
17-1-14	0,02	6,48	0,09	3,42	22,87	56,42	10,47	0,10	0,13
17-1-16	0,02	6,79	0,05	2,53	17,19	63,24	9,95	0,08	0,16
17-1-18	0,03	7,43	0,08	2,79	22,59	54,76	12,09	0,09	0,14
17-2-5	0,03	7,27	0,08	2,99	18,16	61,03	10,21	0,10	0,13
17-2-14	0,03	7,37	0,11	2,6	22,86	58,05	8,8	0,07	0,11
17-2-16	0,04	7,43	0,09	2,44	18,79	62,11	8,88	0,08	0,13
17-2-17	0,03	7,00	0,11	3,07	26,34	54,60	8,65	0,08	0,12
17-2-20	0,03	6,68	0,06	2,6	26,57	53,75	10,04	0,09	0,17
17-2-23	0,03	6,58	0,10	3,18	31,33	48,96	9,56	0,11	0,15
17-2-25	0,03	7,12	0,08	2,65	18,67	62,01	9,23	0,07	0,13
17-3-8	0,03	6,72	0,07	2,41	18,36	62,50	9,69	0,08	0,14
17-3-11	0,04	7,44	0,08	2,18	24,51	57,77	7,8	0,07	0,12
17-4-18	0,02	6,86	0,07	2,95	10,73	67,17	12,01	0,07	0,11

Продолжение таблицы 28

17-5-5	0,03	7,12	0,08	2,65	18,67	62,01	9,23	0,07	0,13
17-5-6	0,03	6,72	0,07	2,41	18,36	62,50	9,69	0,08	0,14
17-5-8	0,04	7,44	0,08	2,18	24,51	57,77	7,80	0,07	0,12
17-5-10	0,04	8,20	0,13	2,57	20,99	57,31	10,54	0,09	0,13
17-5-19	0,03	6,99	0,11	2,45	29,89	50,33	9,97	0,09	0,13
17-5-24	0,02	5,70	0,06	2,41	21,96	60,72	8,93	0,06	0,13
17-6-6	0,02	6,32	0,09	2,51	35,46	46,77	8,59	0,10	0,14
17-6-16	0,04	6,85	0,07	2,20	12,28	66,09	12,27	0,07	0,13
17-6-18	0,02	6,86	0,07	2,95	10,73	67,17	12,01	0,07	0,11
17-6-24	0,03	7,31	0,10	2,11	19,09	59,40	11,75	0,07	0,15
13-12-23	0,03	6,11	0,04	2,50	13,66	67,44	9,99	0,07	0,14
13-34-23	0,03	6,31	0,06	2,43	21,45	58,66	10,83	0,07	0,15
13-35-23	0,03	7,29	0,08	2,35	22,77	58,74	8,55	0,07	0,13
13-42-23	0,02	6,25	0,06	2,65	14,22	64,87	11,75	0,06	0,11
13-44-23	0,02	6,10	0,04	3,17	9,87	66,89	13,70	0,07	0,14
13-45-23	0,02	6,79	0,06	2,88	21,87	55,21	12,97	0,07	0,14
13-46-23	0,02	6,46	0,06	2,74	24,41	56,14	9,97	0,07	0,15
13-48-23	0,03	7,19	0,08	2,89	18,09	60,77	10,75	0,07	0,11
13-49-23	0,02	6,84	0,08	2,85	17,20	59,88	12,92	0,08	0,13
13-52-23	0,03	7,13	0,09	3,02	16,46	61,82	11,25	0,08	0,13
13-54-23	0,03	6,81	0,08	2,89	25,53	57,66	6,77	0,09	0,13
13-55-23	0,03	7,55	0,07	2,48	17,22	62,34	10,08	0,08	0,13
13-64-23	0,03	7,42	0,06	2,69	16,91	61,46	11,19	0,08	0,15
13-70-23	0,02	7,03	0,06	3,05	15,86	62,60	11,16	0,09	0,13
13-92-23	0,04	7,30	0,10	2,85	26,83	55,11	7,54	0,09	0,14
13-102-23	0,03	6,89	0,08	2,85	18,59	62,04	9,29	0,09	0,14
SD	0,01	0,58	0,02	0,38	5,25	4,59	1,56	0,01	0,01
CV	23,59	8,53	27,94	14,15	25,71	7,70	15,37	14,86	10,02
НСР _{0,5}	0,02	0,23	0,04	0,19	0,71	0,66	0,38	0,03	0,04

Примечание: SD – стандартное отклонение; CV – коэффициент вариации; 1 –миристиновая кислота (НЖК); 2- пальмитиновая кислота (НЖК); 3 – пальмитолеиновая кислота (МНЖК); 4- стеариновая кислота (НЖК); 5- олеиновая кислота (МНЖК); 6-линолевая кислота; 7- линоленовая кислота; 8- арахидовая кислота (НЖК); 9- эйкозеновая кислота (МНЖК)

Миристиновая и арахидовая кислоты представлены в следовых количествах. Полученные результаты согласуются с тем фактом, что орех грецкий содержит низкий процент насыщенных кислот и высокий процент полиненасыщенных [200]. Так, к примеру, Erdogan et al. (2021) сообщили, что содержание насыщенных жирных кислот, миристиновой, пальмитиновой и стеариновой кислот составляет 5,35 - 7,66 %, 0,56 - 0,80 %, 3,75 - 5,40 % и 0,96 - 1,40 % соответственно [122] определили, что содержание пальмитиновой кислоты варьировалось от 5,61 % до

5,82 %, а миристиновая кислота составляла следовое количество ($<0,1$ %) в разных сортах ореха грецкого [166]. В другом исследовании значения пальмитиновой кислоты варьировали от 5,74 % до 9,79 %, а значения стеариновой кислоты были в пределах 2,04 %-3,00 % в разных сортах ореха грецкого [226].

Ненасыщенный комплекс жирных кислот представлен олеиновой (C18:1), линолевой (C18:2) и линоленовой (C18:3), пальмитолеиновой (C16:01) и эйкозеновой (C20:01) кислотами. Особую значимость представляет высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот, составляющих более 60% от общего содержания жиров. Доля содержания полиненасыщенных жирных кислот составила от 55,36 % (17-6-6) до 80,59 % (13-44-23). Доминирующей полиненасыщенной кислотой оказалась линолевая (C18:2). Ее содержание варьировало от 46,77 % (17-6-6) до 67,7 % (13-12-23). Линоленовая кислота (C18:3) присутствовала в значительных количествах – от 6,77 (13-54-23) до 13,70 % (13-44-23). Мононенасыщенные жирные кислоты (МНЖК) представлены преимущественно олеиновой кислотой, а общее содержание МНЖК было в пределах 9,90 % (13-44-23) -35,55 % (17-6-6). Содержание олеиновой кислоты (C18:1) колебалось от 9,87 % (13-44-23) до 35,46 % (17-6-6). Доля содержания пальмитолеиновой кислоты составила от 0,04 % (17-1-1) до 0,13 % (17-2-14). Эйкозеновая кислота представлена в количестве от 0,11 % до 0,17 % (17-3-11).

Исследования, проведенные в мире, и посвященные жирнокислотному анализу плодов, показали, что значение линолевой кислоты находилось в диапазоне от 53,23 до 63,62 %, линоленовая кислота была в пределах 10,75-15,24 %, содержание олеиновой кислоты варьировало от 14,73 % до 24,17 % [165]. В работе китайских ученых состав жирных кислот соответствовал пальмитиновой кислоте в 4,61–8,27 %, стеариновой кислоте в 1,90–3,55 %, олеиновой кислоте в 15,50 - 32,28 %, линолевой кислоте в 53,44 - 67,64 % и α -линоленовой кислоте в 2,45 - 12,77 % [240]. Анализ профиля жирных кислот, проведенный в Индии, показал, что линолевая кислота варьировала от 34 до 71 %, линоленовая кислота от 8,65 % до 22,13 % и олеиновая кислота была в пределах 7,90 - 18,17 % [137], что сопоставимо с нашими результатами.

Целевыми признаками качества плодов по жирнокислотному составу являются высокое содержание полиненасыщенной линоленовой кислоты (омега-3), общее содержание ПНЖК, соотношение МНЖК/ПНЖК, как признака окислительной стабильности плодов, а также оптимальное соотношение омега-6/омега3 жирных кислот.

По содержанию линоленовой кислоты выделены формы (12,34 %-13-70 %): 13-44-23, 13-45-23, 13-49-23, 17-6-16, 17-1-1.

Содержание ПНЖК в плодах сорта Родина составила 70,65 %, выделено 23 формы с более высоким показателем содержания ПНЖК. Выделены также формы с долей содержания ПНЖК выше 75 %: 17-6-16, 17-6-18, 13-12-23, 13-42-23, 13-44-23. Формы с повышенным содержанием ПНЖК подходят для употребления в свежем виде. Линолевая и линоленовая кислоты являются ценными компонентами с высокой биологической активностью. Однако жир ядра с высоким содержанием ПНЖК быстрее окисляется при контакте с кислородом, поэтому желательно хранить такие орехи в скорлупе, что существенно замедляет процессы прогоркания.

Соотношение мононенасыщенных кислот к полиненасыщенным связано с окислительной стабильностью ядер. Устойчивость масла к окислению липидов позволяет судить о сроке его хранения. Чем выше соотношение МНЖК/ПНЖК, тем выше окислительная стабильность плода. Выявлено 19 форм, превышающих сорт контроль Родина (0,3) по данному признаку. Наибольшее значение коэффициента соотношения МНЖК/ПНЖК (0,40-0,64) отмечено у форм 17-3-8, 17-3-11, 17-4-18, 17-5-19, 17-6-6, 13-54-23, 13-92-23. Эти формы могут быть рекомендованы для производства масла, так как масло с высоким соотношением МНЖК/ПНЖК обладает лучшей окислительной стабильностью, чем орехи с высоким содержанием ПНЖК.

Оптимальное соотношение линолевой (омега-6) и линоленовой (омега-3) кислот в пределах ~5:1 в плодах ореха грецкого имеет важное физиологическое значение, поскольку приближено к рекомендациям ВОЗ (2:1-5:1). В ходе работы установлено, что соотношение омега-6/омега-3 кислот в плодах изучаемых

гибридных форм находилось в интервале 4,26-8,52, среднее значение составило 5,96 (рисунок 45).

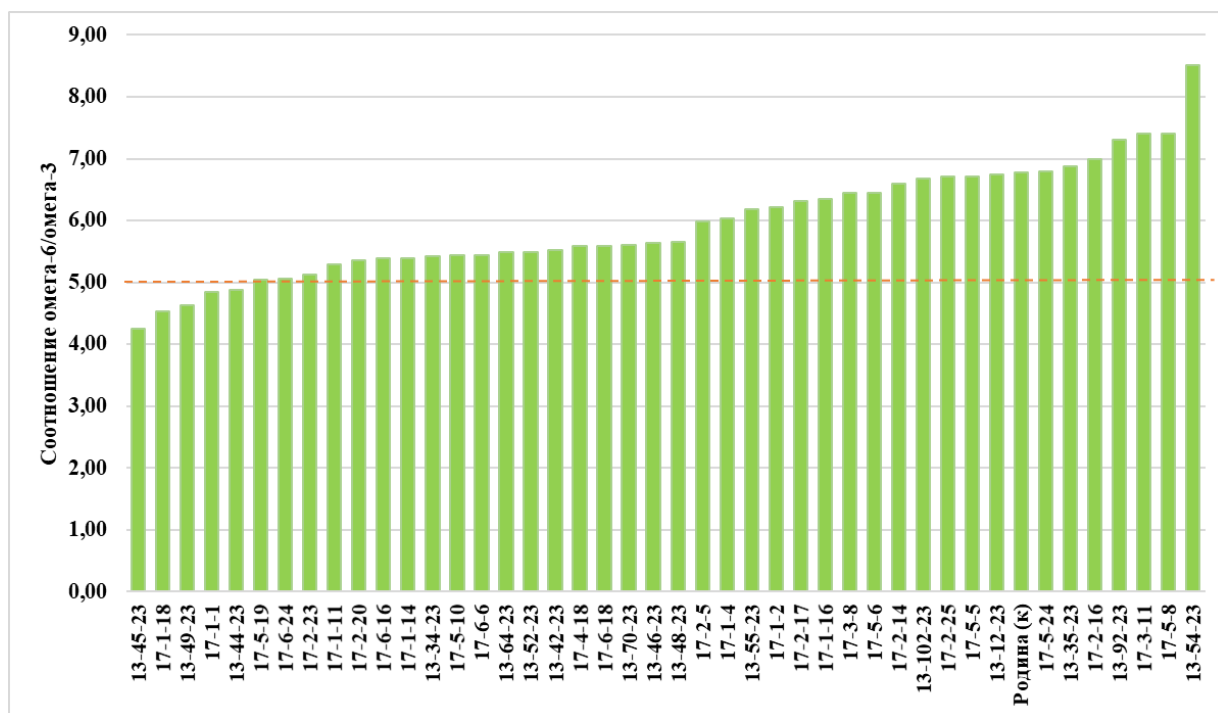


Рисунок 45 – Соотношение омега-6/омега-3 жирных кислот в плодах гибридных форм ореха грецкого

Группа форм с соотношением омега-6/омега-3 5:1 и менее включает пять гибридов: 13-48-23 (4,2) – минимальное значение в коллекции, 17-4-18 (4,53), 13-49-23 (4,63), 13-45-23 (4,26), 17-1-1 (4,85). Данная группа обладает повышенной ценностью и может быть использована в качестве исходного материала для селекции сортов ореха грецкого с высоким содержанием омега-3 жирных кислот.

Группа образцов с максимально высоким соотношением омега-6/омега-3 (более 6:1): 13-54-23 (8,52), 7-2-16 (6,99), 7-5-8 (7,41), 7-3-11 (7,41), 17-1-2 (6,21).

В целях изучения взаимосвязей между компонентами химического состава плодов изучаемых гибридных форм ореха грецкого была построена корреляционная матрица на основе данных биохимического анализа (рисунок 46). Изучено 18 биохимических параметров, включающих липидный состав (общее содержание жиров, профиль жирных кислот), содержание минеральных элементов, фенольных соединений, сухих водорастворимых веществ, влажность. Анализ проводился с использованием коэффициента корреляции Пирсона. Для оценки

статистической значимости полученных коэффициентов рассчитаны р-значения.

Уровни значимости обозначены: *** — $p < 0.001$, ** — $p < 0.01$, * — $p < 0.05$.

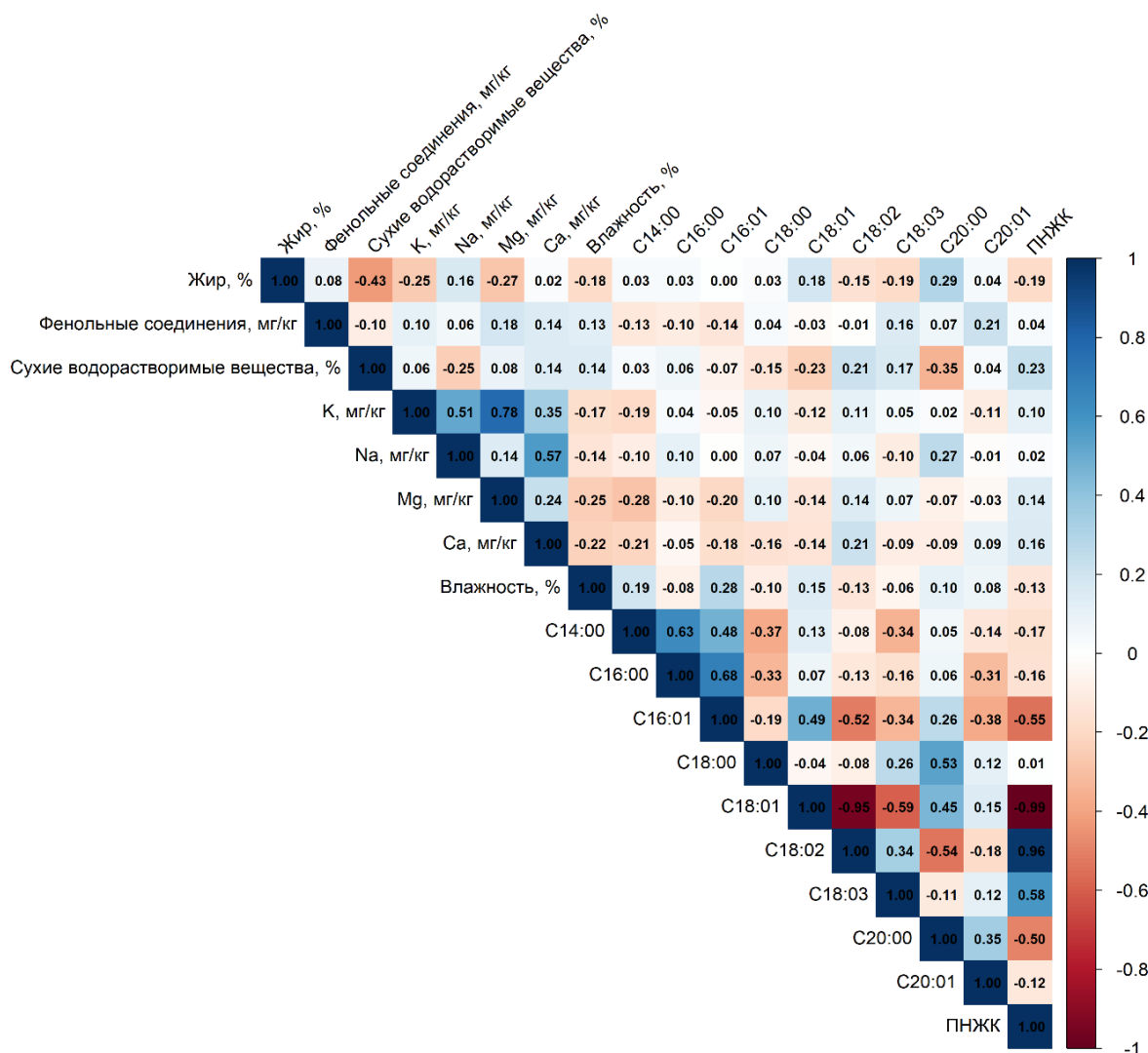


Рисунок 46 – Корреляционная матрица биохимического состава плодов ореха грецкого

Анализ матрицы показал сильную положительную корреляцию между калием и магнием ($r=0,78^{***}$), также умеренная корреляция отмечена между калием и натрием ($r=0,51^{***}$), а также натрием и кальцием ($r=0,57^{***}$). Слабая положительная корреляция наблюдается между калием (K) и кальцием (Ca) ($r=0,38^*$). Умеренная отрицательная корреляция отмечена между содержанием жира и сухих водорастворимых веществ ($r=-0,43^{***}$). Подавляющее большинство парных корреляций в матрице не являлись статистически достоверными. Таким образом,

корреляционный анализ выявил наличие статистически значимых взаимосвязей внутри группы макроэлементов (K, Na, Mg, Ca). Содержание жиров имеет обратную зависимость с массовой долей сухих водорастворимых веществ. Полученные данные подтверждаются проведенными мировыми исследованиями. Так, Kömür et al. (2024) сообщил о наличии умеренной положительной корреляции между содержанием калия и магния ($r = 0,66^{***}$) [200].

В группе полиненасыщенных жирных кислот выявлена сильная положительная корреляция между линолевой и линоленовой кислотами ($r=0,58^{***}$). Наиболее выраженная отрицательная корреляция наблюдается между олеиновой кислотой и полиненасыщенными кислотами ($r=-0,99^{***}$). Схожая закономерность прослеживается между олеиновой кислоты и линолевой ($r=-0,95^{***}$) и линоленовой ($r=-0,59^{***}$) кислотами. Установлена отрицательная корреляция между содержанием жира и фенольными соединениями ($r=-0,43^{***}$). Умеренная положительная взаимосвязь обнаружена между содержанием миристиновой и пальмитиновой кислотами ($r=0,63^{***}$), пальмитиновой и пальмитолеиновой ($r=0,68^{***}$). Содержание стеариновой и арахидовой кислот коррелирует со значением $r=0,53^{***}$, что соответствует умеренной силе связи. Наконец, положительная корреляция отмечена между содержанием пальмитолеиновой и олеиновой ($r=0,49^{***}$). В исследованиях показана отрицательная корреляция между содержанием олеиновой (C18:1) и линолевой (C18:2) кислот, где $r = -0,979^{***}$, $r = -0,83^{***}$ [131]. Линоленовая кислота показала сильную отрицательную корреляцию с олеиновой ($r = -0,70^{***}$) кислотой [200].

Методом иерархической кластеризации с построением дендрограммы проведена оценка сходства и различий между изученными гибридными формами ореха грецкого. Для объединения кластеров использован метод Уорда, который считается наиболее эффективным для выявления естественной структуры данных. Проведенный кластерный анализ позволил выявить три группы образцов ореха грецкого, отличающихся по ключевым биохимическим показателям (рисунок 47).

Первый кластер (красный) объединяет 10 гибридных форм (17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-23, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-10, 17-5-24, 13-54-23 и др.). Формы, входящие

в данный кластер, характеризуются высоким уровнем мононенасыщенных жирных кислот в соотношении к полиненасыщенными (МНЖК/ПНЖК=0,31) и относительно низким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК=67,97 %). Среднее содержание линоленовой кислоты в этом кластере составляет 10,16 %. Особое внимание заслуживает гибрид 13-54-23, у которого отмечено наиболее низкое содержание линоленовой кислоты (6,77 %), что делает его ценной формой, плоды которого можно использовать для получения масла.

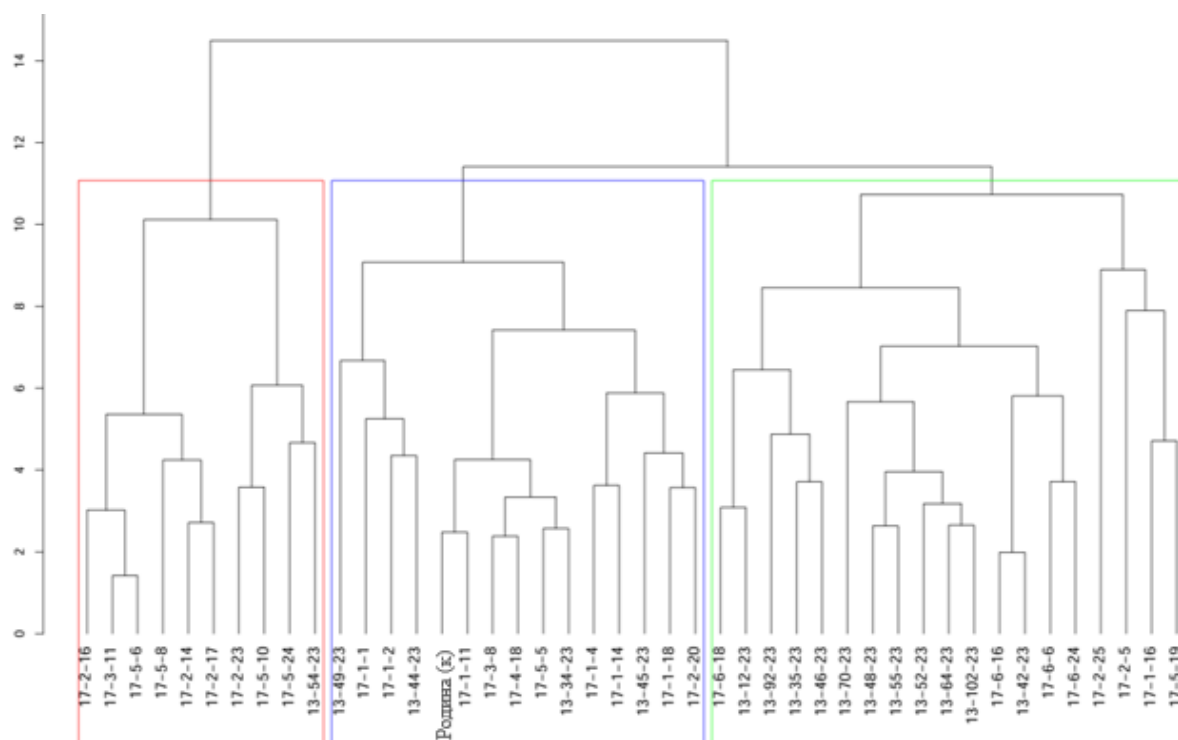


Рисунок 47 – Дендрограмма кластеризации гибридных форм ореха грецкого по биохимическому составу

Второй кластер (синий) включает 15 форм, в том числе контрольный сорт Родина. Данный кластер характеризуется максимальным средним значением содержания жиров (70,8 %) и наименьшим соотношением омега-6/омега-3 (5,86), что указывает на сбалансированный профиль полиненасыщенных жирных кислот. Содержание линоленовой (59,6 %) и линоленовой (10,3 %) кислот находится на среднем уровне по сравнению с двумя другими кластерами.

Третий кластер (зеленый) объединяет 19 гибридов, включая 17-1-16, 17-2-5, 17-5-19, 17-6-6, 17-6-16, 13-12-23 и др. Он отличается максимальным содержанием

полиненасыщенных жирных кислот (70,8 %) и высоким уровнем содержания линолевой кислоты (60,5 %). Среднее содержание жиров составляет 70,2 %, что незначительно уступает второму кластеру. Образцы этого кластера характеризуются минимальным соотношением МНЖК/ПНЖК (0,29), что указывает на преобладание полиненасыщенных жирных кислот в липидном профиле.

Полученные результаты позволяют выделить перспективные гибридные формы для дальнейшей селекционной работы. Результаты кластеризации могут иметь ценность при формировании пар скрещиваний. Формы кластера 3, характеризующиеся высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот, представляют интерес для создания сортов с повышенной биологической ценностью. При этом наиболее перспективно второй родительской формой брать образцы из кластера 2.

Таким образом, по результатам биохимического анализа плодов изученных гибридных форм ореха грецкого удалось выделить несколько перспективных гибридов, обладающих селекционно-ценными признаками:

- По содержанию жира наиболее перспективными являются формы 17-1-16 (77 %), 17-1-11 (76 %) и 17-1-18 (76 %), которые превосходят контрольный сорт «Родина» (75 %). Эти образцы относятся к категории высокомасличных форм и представляют интерес для селекции на повышенную масличность. Особого внимания заслуживает образец 17-1-16, сочетающий максимальное содержание жира с высоким уровнем фенольных соединений (1,73 г/кг).

- По минеральному составу выделяются следующие формы:

- содержание калия: 17-2-25 (1,86 г/кг) и 13-70-23 (11,1 г/кг) значительно превышают средние показатели;

- содержание магния: 17-2-25 (5,8 г/кг) и 13-70-23 (4,04 г/кг);

- содержание кальция: 17-1-16 (3,79 г/кг) и 17-5-19 (4,2 г/кг);

По жирнокислотному составу перспективными являются:

- 17-6-16 (78,36 %), 13-44-23 (80,59 %), 17-6-18 (79,18 %) - обладают максимальным содержанием полиненасыщенных жирных кислот;

- 13-45-23 (4,26), 17-1-18 (4,53), 13-49-23 (4,63) - имеют наиболее благоприятное соотношение омега-6/омега-3 с точки зрения пищевой ценности;
- 17-6-6 (35,46 %), 17-2-23 (31,33 %), 17-5-19 (29,89 %) отличаются высоким содержанием олеиновой кислоты;
- 17-3-8, 17-3-11, 17-4-18, 17-5-19, 17-6-6, 13-54-23, 13-92-23 – выделены по признаку оптимального соотношения МНЖК/ПНЖК.

По содержанию фенольных соединений выделяется образец 13-49-23 (2,45 г/кг), что более чем в 2 раза превышает среднее значение по коллекции. Также высокие показатели отмечены у 17-1-16 (1,73 г/кг) и 17-2-25 (1,57 г/кг).

Выделенные гибридные формы рекомендованы для включения в селекционные программы. Их использование позволит создать сорта с целевыми биохимическими характеристиками, расширить отечественный сортимент высокомасличными сортами.

По результатам анализа жирнокислотного состава плодов гибридных форм ореха грецкого в соавторстве разработана база данных «Жирнокислотный состав ядер плодов перспективных гибридных форм и сортов ореха грецкого» для использования в селекции и садоводстве номер свидетельства RU 2025623222 (Приложение Л). База данных содержит информацию по жирнокислотному составу ядер ореха грецкого перспективных гибридных форм и сортов. В ней представлены значения общей масличности, содержания насыщенных жирных кислот (НЖК), полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) и мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК). По соотношению МНЖК/ПНЖК выделены формы, которые обладают большей окислительной стабильностью и могут быть рекомендованы для производства масла ореха грецкого, или для продажи ядер, очищенных от скорлупы. Установлены формы, обладающие большей питательной ценностью для здоровья человека по общему содержанию ПНЖК, а также по соотношению омега 6/омега 3 жирных кислот. База данных может быть использована для подбора родительских пар в направленных скрещиваниях с целью получения гибридного потомства с повышенной питательной ценностью, а также для формирования

сортимента при закладке насаждений ореха грецкого в целях производства биологически ценной продукции.

3.5 Генетическое разнообразие и структура селекционного генофонда *J. Regia*

Данные, полученные в результате комплексной оценки признаков, формирующих качество плодов, необходимы для формирования программы скрещиваний, направленной на получение сортов, обладающих наиболее полным комплексом хозяйственно-ценных характеристик. При этом для эффективного использования гибридных форм в селекционном процессе, а также понимания структуры коллекции, актуальным является анализ генетических взаимосвязей и общего уровня полиморфизма селекционного генофонда, а также генетическое родство местных форм с отечественными и зарубежными сортами. В связи с этим нами был выполнен анализ генетического разнообразия отобранных гибридных форм ореха грецкого с использованием SSR-маркеров. Для оценки генетических взаимосвязей перспективных гибридных форм (43 образца), изученных по комплексу селекционно-ценных характеристик в выборку были дополнительно включены девять элитных форм селекции СКФНЦСВВ, семь районированных отечественных сортов (Родина, Дачный, Урожайный, Овен, Аврора, Заря Востока, Пелан) и четыре сорта зарубежной селекции (Чандлер, Фернор, Кодрене, Песчанский). Расширение выборки позволило определить, насколько изученные селекционные формы генетически близки к уже известным сортам. Общее количество образцов, проанализированных в генетической части работы, составило 63 формы и сорта.

На первом этапе была выполнена работа по отбору наиболее полиморфных SSR-маркеров на основе анализа литературных источников и формирование мультиплексных наборов, позволяющих достоверно идентифицировать размер амплифицированных последовательностей. При отборе SSR-маркеров учитывали также частоту их использования в научных исследованиях генетического

разнообразия ореха грецкого. При формировании мультиплексных наборов SSR-маркеров на первом этапе учитывали такие параметры как: диапазон размеров амплифицированных фрагментов, температура отжига праймеров, входящих в один мультиплексный набор. Для анализа генетического разнообразия изучаемой выборки использовали 12 SSR-маркеров (таблица 29).

Таблица 29– Мультиплексные наборы SSR-маркеров

Мультиплекс	Маркер	Диапазон размеров фрагментов (п.н.)	Флуорохром
1	WGA001	180-192	FAM
	WGA069	158-180	ROX
	WGA376	254-258	R6G
2	WGA009	231-252	R6G
	WGA202	238-272	TAMRA
	WGA276	165-192	FAM
3	WGA054	105-125	TAMRA
	WGA089	211-226	ROX
	WGA321	225-247	ROX
4	WGA72	126-184	FAM
	WGA79	198-216	TAMRA
	WGA4	230-260	ROX

Проводили оценку следующих популяционно-генетических параметров: число выявленных аллелей (N_a), эффективное число аллелей (N_e), индекс разнообразия (I), наблюдаемая гетерозиготность (H_o), ожидаемая гетерозиготность (H_e) (таблица 30).

Таблица 30 – Полиморфизм SSR-маркеров, использованных в работе для 59 образцов

Locus	N_a	N_e	I	H_o	H_e
WGA001	7,000	3,529	1,460	0,576	0,717
WGA069	6,000	4,602	1,636	0,421	0,783
WGA376	10,000	3,132	1,485	0,390	0,681
WGA276	15,000	7,177	2,247	0,610	0,861
WGA009	14,000	6,012	2,169	0,305	0,834
WGA202	16,000	4,638	2,080	0,339	0,784
WGA089	7,000	3,228	1,477	0,431	0,690
WGA054	7,000	3,149	1,306	0,576	0,682
WGA321	5,000	2,507	1,123	0,458	0,601
WGA72	4,000	2,212	0,975	0,322	0,548
WGA79	6,000	2,516	1,217	0,576	0,603
WGA4	4,000	2,085	0,864	0,407	0,520
Mean	8,417	3,732	1,503	0,451	0,692

Примечание: N_a – число выявленных аллелей; N_e – эффективное число аллелей; I – индекс разнообразия; H_o – наблюдаемая гетерозиготность; H_e – ожидаемая гетерозиготность.

Для оценки генетического полиморфизма была сформирована выборка, состоящая из 59 образцов отечественной селекции (сорта, элитные и гибридные формы). Зарубежные сорта были исключены из анализа, что позволило охарактеризовать генетическое разнообразие только отечественного генофонда.

По 12 SSR-маркерам, использованным в работе было выявлено 101 аллель от 4 (WGA72, WGA4) до 16 (WGA202) аллелей на локус со средним значением 8,417 аллелей на локус. Показатель «эффективное число аллелей» варьировал от 2,085 (WGA4) до 7,18 (WGA276), среднее значение равно 3,73.

Аналогичные параметры полиморфизма рассчитаны отдельно для 43 перспективных форм, которые являются объектом исследования (таблица 31). Это дало возможность оценить вклад данных форм в общее разнообразие коллекции СКФНЦСВВ.

Таблица 31 – Полиморфизм SSR-маркеров, использованных в работе для 43 перспективных форм ореха грецкого

Locus	Na	Ne	I	Ho	He
WGA001	7,000	3,287	1,408	0,535	0,696
WGA069	6,000	4,441	1,592	0,488	0,775
WGA376	10,000	3,021	1,468	0,442	0,669
WGA276	10,000	5,824	1,987	0,628	0,828
WGA009	14,000	5,414	2,120	0,256	0,815
WGA202	13,000	3,781	1,839	0,349	0,736
WGA089	7,000	2,661	1,331	0,500	0,624
WGA054	5,000	2,99	1,201	0,512	0,667
WGA321	5,000	2,628	1,149	0,465	0,620
WGA72	4,000	2,225	0,954	0,302	0,551
WGA79	6,000	2,383	1,208	0,581	0,580
WGA4	3,000	1,911	0,740	0,349	0,477
Mean	7,500	3,381	1,416	0,451	0,670

Примечание: Na – число выявленных аллелей; Ne – эффективное число аллелей; I – индекс разнообразия; Ho – наблюдаемая гетерозиготность; He – ожидаемая гетерозиготность.

Для более узкой выборки, состоящей из перспективных гибридных форм выявлено 90 аллелей от 3 (WGA4) до 14 (WGA009) аллелей. Среднее число аллелей на локус равно 7,500. Эффективное число аллелей (Ne) варьировало от 1,911

(WGA4) до 5,824 (WGA276) со средним значением 3,381, ожидаемая (H_e) и наблюдаемая гетерозиготность (H_o) в среднем равны 0,670 и 0,451 соответственно.

Среднее значение «число выявленных аллелей» (N_a) снизилось с 8,147 до 7,500 (на 10,9 %). «Эффективное число аллелей» (N_e) уменьшилось с 3,732 до 3,3881 (на 9,4 %). Индекс разнообразия Шеннона (I) снизился на 5,5 %. Средняя наблюдаемая гетерозиготность была одинакова в обеих выборках. Ожидаемая гетерозиготность снизилась на 3,2 %. Наиболее информативным маркером в обеих выборках является WGA279, характеризующийся максимальными значениями N_e (7,177 и 5,824), H_e (0,861 и 0,828). Наименьшей вариабельностью в обеих выборках отличается локус WGA4 ($N_a=4,000$ и 3,00, $H_e=0,520$ и 0,477). Незначительное снижение N_a (на 11 %) и H_e (на 3 %) при сужении выборки до 43 форм свидетельствует о сохранении генетического разнообразия при отборе гибридных форм.

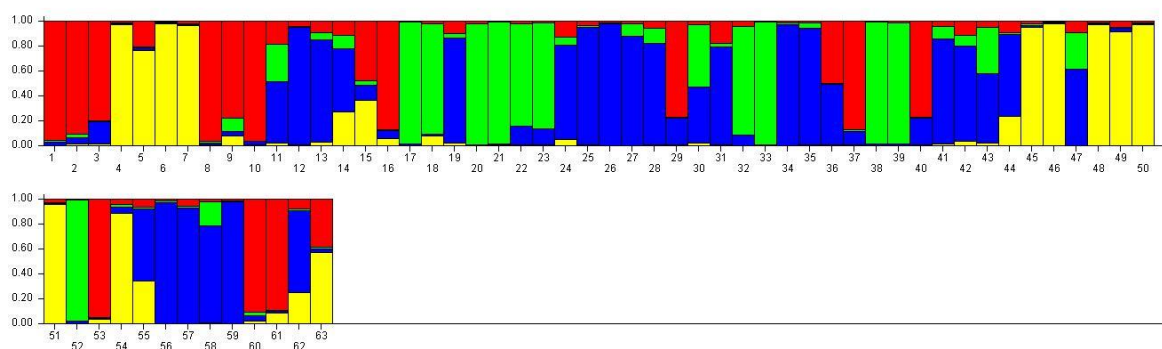
Сравнительный анализ зарубежных данных по генотипированию ореха грецкого и проанализированной в настоящей работе выборки позволил объективно оценить генетический полиморфизм изученных форм. В работе, посвященной анализу генетического разнообразия 217 образцов ореха грецкого с использованием 13 микросателлитных маркеров, количество аллелей на локус варьировало от 2 до 17 со средним значением 2,84. Наблюдаемая гетерозиготность (H_o) варьировалась от 0,10 до 0,68, в среднем — 0,47. Ожидаемая гетерозиготность H_e выше, чем H_o , и колеблется от 0,15 до 0,78 при среднем значении 0,56 (Bernard et al., 2018). Иранские исследователи проводили генотипирование 31 сеянца с помощью девяти пар праймеров, которые позволили выявить 39 аллелей в пределах 2-8 со средним значением 5,1 аллель на локус. Наблюдаемая гетерозиготность варьировалась от 0,48 (локус WGA27) до 0,86 (локус WGA202), среднее значение — 0,7, ожидаемая гетерозиготность составила от 0,57 (локус WGA27) до 0,93 (локус WGA202), в среднем 0,80 [153]. Генотипирование 86 образцов, произрастающих в Тибете по 12 SSR-маркерам, выявило суммарно 119 аллелей, от 4 до 18 аллелей на локус со средним значением 9,92. Значения количества эффективных аллелей, наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности составили 3,34, 0,504, 0,588. [269].

Уровень генетического разнообразия 84 генотипов ореха грецкого, отобранного в регионе Джамму, оценивался с помощью 25 микросателлитных маркеров, которые амплифицировали 54 аллеля от 2 до 3 аллелей на локус. Ожидаемая гетерозиготность составила от 0,520 до 0,5477. [179]. В исследовании 96 образцов ореха грецкого, проводимом в Индии, был проанализирован полиморфизм 19 SSR-маркеров. Количество аллелей на локус варьировалось от 1 до 3, в среднем 1,52 аллеля на локус, всего идентифицировано 29 аллелей [112]. В анализе 35 сортов по 12 SSR-маркерам среднее число выявленных аллелей составило 9,4, а ожидаемая и наблюдаемая гетерозиготность была равно 0,77 и 0,62 соответственно [194]. В работе турецких ученых для определения генетического разнообразия 32 сеянцев ореха грецкого использовали 21 микросателлитный маркер, в результате чего выявлено 135 аллелей, в среднем 6,43 аллеля на локус. Наибольшее количество аллелей на локус выявлено у маркера WGA276 (11 аллелей), наименьшее у WGA027 (3 аллеля) [146]. Анализ генетического разнообразия 21 сорта ореха грецкого в провинции Юньань с применением 12 SSR-маркеров выявил, что среднее количество локусов составило 7,916, эффективное число аллелей равно 4,351. С помощью 16 микросателлитных маркеров была оценена генетическая взаимосвязь 21 генотипа ореха грецкого. Количество аллелей на локус варьировало от 2 (WGA27, WGA69, WGA32) до 4 (WGA1, WGA4, WGA79), значения ожидаемой гетерозиготности колебались от 0,176 до 0,261 [288]. Проведенный анализ полиморфизма 12 микросателлитных маркеров в двух выборках – общей (59 образцов) и суженной (43 перспективные формы) – показал, что изученный отечественный селекционный генофонд ореха грецкого характеризуется относительно высоким уровнем аллельного полиморфизма. Среднее число аллелей на локус (7,5-8,4) близко к показателям в литературных данных.

Для того, чтобы оценить генетические взаимосвязи наших сортов и элитных форм с мировым генофондом были включены наиболее известные зарубежные сорта такие как Чандлер (США), Фернор (Франция), Кодрене, Песчанский (Молдавия). Данные о генетической дистанции между отечественными и зарубежными сортами важны для повышения эффективности селекционного

процесса и использования генетических ресурсов. Пополнение коллекции генетических ресурсов СКФНЦСВВ генетически отдаленными формами расширит возможности использования их в качестве исходного материала при проведении скрещиваний.

На основании данных генотипирования 63 образцов ореха грецкого по 12 SSR-маркерам был проведен анализ в программе STRUCTURE 2.3.4. Рассчитано оптимальное число кластеров равное 4. Полученные результаты при значении K=4 представлены на рисунок 48.



Примечание: порядок форм на рисунке: 1 – 43 – перспективные гибридные формы (13-12-23, 13-34-23, 13-35-23, 13-42-23, 13-44-23, 13-45-23, 13-46-23, 13-48-23, 13-49-23, 13-52-23, 13-54-23, 13-55-23, 13-64-23, 13-70-23, 13-92-23, 13-102-23, 17-1-1, 17-1-2, 17-1-4, 17-1-11, 17-1-14, 17-1-16, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-2-25, 17-3-8, 17-3-11, 17-4-18, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-10, 17-5-19, 17-5-24, 17-6-6, 17-6-16, 17-6-18, 17-6-24); 44-52 – элитные формы селекции СКФНЦСВВ (Славянин, Изящный, Конкистадор, Дар Кубани, Водник, Русь, Южанин, Водолей, Десертный); 53-59 – сорта отечественной селекции (Родина, Дачный, Урожайный, Овен, Аврора, Заря Востока, Пелан); 60-63 – сорта зарубежной селекции (Чандлер, Фернор, Кодрене, Песчанский)

Рисунок 48 – Структура изученной выборки ореха грецкого с использованием программы STRUCTURE

В результате проведенного анализа все образцы были разделены на пять групп по преобладанию того или иного кластера (более 50 %). Четыре группы сортов соответствовали преобладанию одного из четырех кластеров, в пятой группе значение ни одного кластера не превышало более 50 %. Первый кластер (синий) включал 24 образца. В данный кластер вошли 14 гибридных форм из числа новых перспективных форм, пять сортов отечественной селекции (Урожайный, Овен, Аврора, Заря Востока, Пелан), и один сорт зарубежной селекции (Кодрене).

В пределах второго (желтого) кластера идентифицировано 12 форм и сортов. Элитные формы генофонда СКФНЦСВВ Изящный, Конкистадор, Водник, Русь, Южанин, Водолей, сорта Дачный и Песчанский имеют в своем происхождении образцы из Средней Азии. Ранее данные формы группировались в общую группу с сортами из Киргизии [136]. В связи с этим можно предположить, что данная группа отражает среднеазиатское происхождение части образцов из исследуемой коллекции. Влияние среднеазиатского генофонда характерно для части образцов из группы перспективных форм, отобранных в ходе комплексной оценки их селекционно-ценных признаков. Третий кластер (зеленый) состоит из 11 форм. Большинство образцов в данном кластере являются перспективными гибридными формами, изученными по комплексу селекционно-ценных признаков в рамках данной работы. Также в этот кластер отошел сорт Дачный отечественной селекции. Четвертый (красный) кластер содержит 15 форм, среди которых 12 новых перспективных форм, два сорта зарубежной селекции Чандлер и Фернор, и сорт отечественной селекции Родина, для которого было выявлено был выявлен высокий уровень генетического родства с европейскими сортами [124]. В предыдущем исследовании [102] среди образцов из коллекции СКФНЦСВВ было выделено 2 группы образцов предположительно местного происхождения. Данные группы были обозначены исходя из названий, включенных в них сортов: группа сорта Десертный и группа сорта Пелан. Две данные группы характерны и для настоящего исследования: третья группа – группа Десертного, первая – группа Пелана.

Анализ методом главных координат (РСоА) дал возможность детально рассмотреть и оценить уровень генетических взаимосвязей изученной выборки образцов ореха грецкого (рисунок 49).

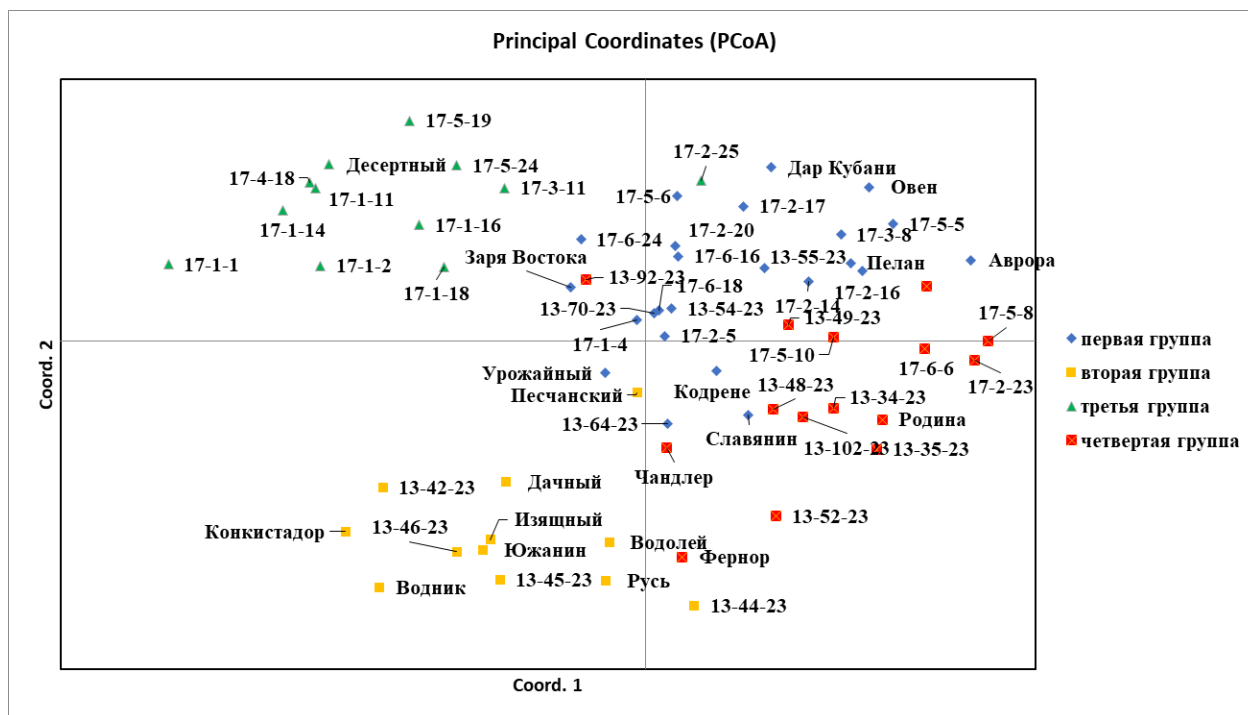


Рисунок 49 – Распределение 63 образцов ореха грецкого на графике PCoA в плоскости главных координат

Распределение сортов на графике PCoA в целом отражает группировку образцов, полученную в программе Structure. В правой верхней области сосредоточены сорта и формы из первой группы и представляют собой наиболее многочисленную группу. Она включает перспективные гибридные формы и элиты, сорта селекции СКФНЦСВВ, отнесенные к кубанской популяции на графике STRUCTURE: элитная форма Дар Кубани, сорта Овен, Аврора, Пелан, Заря Востока, а также перспективные гибридные формы 17-2-17, 17-2-20, 17-6-16, 17-6-18, 17-2-14, 13-70-23, 13-92-23 и др. Левая верхняя область графика занята формами из третьей группы (Десертный, 17-5-19, 17-4-18, 17-1-11, 17-5-24, 17-3-11, 17-1-16, 17-1-1, 17-1-2, 17-1-18). В левой нижней области графика расположены формы из второй группы. Они отличаются наибольшей обособленностью на графике и представляют собой формы, имеющие в своем происхождении сорта из Средней Азии— 13-44-23, 13-46-23, 13-45-23, 17-1-5, 13-42-23, Изящный, Русь, Водолей, Водник, Южанин, Конкистадор, сорт Дачный. Центральная правая область графика занята образцами из четвертой группы: сорта зарубежной селекции Чандлер, Фернор, Родина, перспективные гибридные формы (17-5-10, 13-49-23, 17-6-6, 13-

10-23, 13-35-23 и др.). На графике видно, что часть форм из четвертой группы находится ближе к верхней правой части графика (13-49-23, 13-12-23, 17-5-8), также одна форма расположена в левой верхней области (13-92-23). В целом, наиболее удаленные друг от друга области занимают образцы из второй и третьей группы. Промежуточное положение между этими областями занимают образцы из первого и четвертого кластера. При этом занимаемая образцами из первой группы ближе к образцам из третьей. Область, занимаемая образцами из четвертой группы ближе к образцам из второй. Таким образом, кластеризация методом главных координат согласуется с группировкой форм и сортов, полученной на основе анализа STRUCTURE. Перспективные образцы, обладающие комплексом селекционно-ценных признаков, присутствуют во всех областях на плоскости главных координат. В первой группе насчитывается 16 гибридных форм. Во второй группе большего генетического сходства четыре образца относятся к перспективным гибридным формам (13-42-23, 13-44-23, 13-45-23, 13-46-23). Третья группа насчитывает одиннадцать перспективных гибридных форм (17-5-19, 17-4-18, 17-1-14, 17-1-11, 17-5-24, 17-3-11, 17-1-2, 17-1-1, 17-1-18, 17-1-16). В четвертой группе можно увидеть двенадцать образцов из числа новых перспективных форм (13-12-23, 13-34-23, 13-35-23, 13-48-23, 13-52-23, 13-54-23, 13-64-23, 13-102-23).

С целью кластеризации изученных образцов ореха грецкого методом UPGMA построена дендрограмма на основе матрицы генетического сходства (Приложении М) (рисунок 50). Это позволило идентифицировать основные кластеры, объединяющие близкие формы, а также выявить степень генетической дифференциации между перспективными гибридными формами и сортами. В результате кластеризации UPGMA сорта и гибридные формы разделились на два основных кластера, которые в свою очередь разделяются на подкластеры. Внутри первого кластера выявлено две подгруппы, состоящие из десяти форм. Первая подгруппа объединяет пять элитных форм: Конкистадор, Водник, Русь, Южанин, Водолей. Вторая подгруппа состоит из шести форм 13-45-23, 13-46-23, Дачный, Изящный, 13-44-23, 13-42-23. Стоит отметить, что данный кластер состоит из форм, которые ранее формировали отдельную группу в результате байесовской

кластеризации в программе STRUCTURE, а именно вторую группу (желтый кластер).

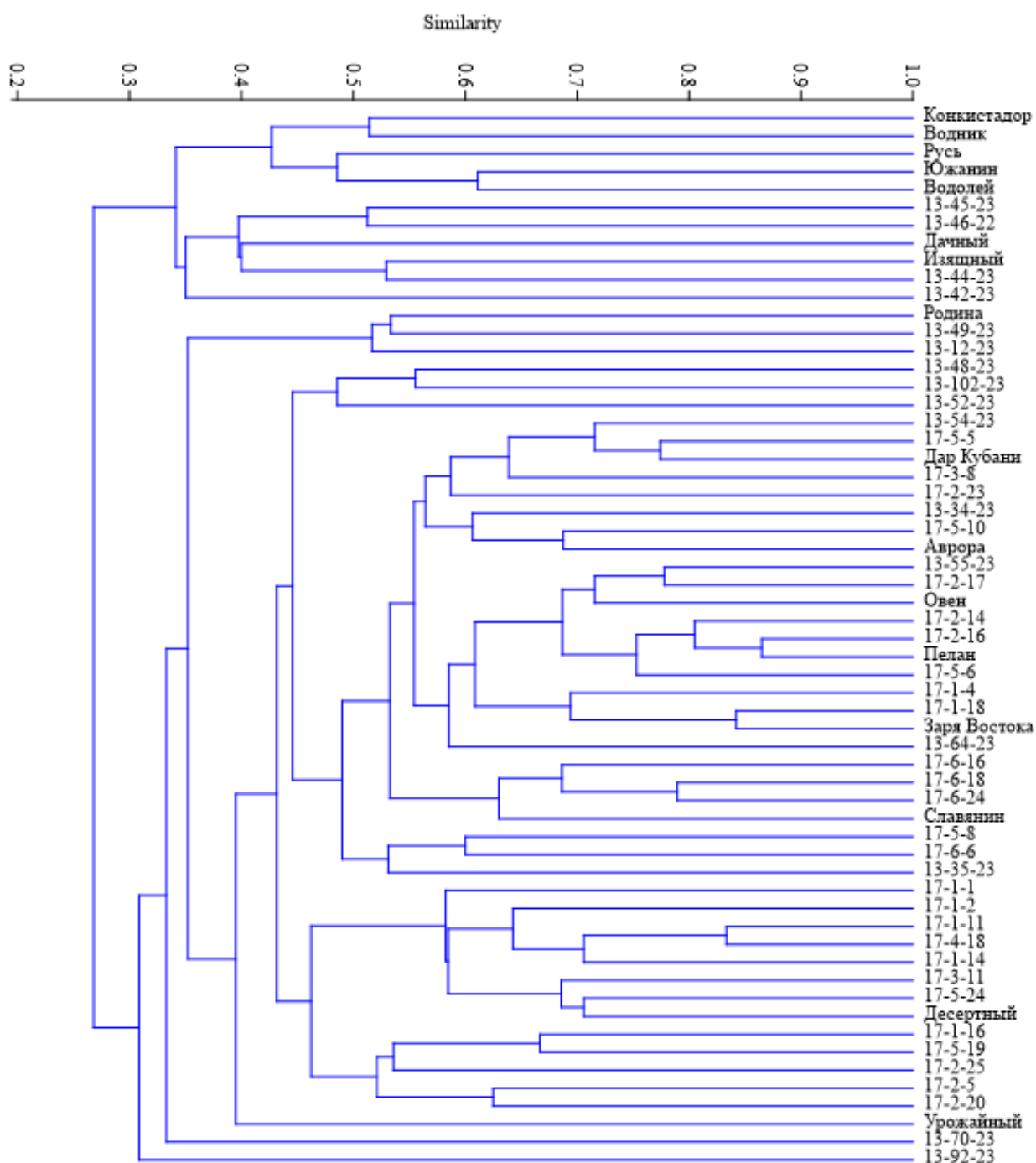


Рисунок 50 – Дендрограмма, рассчитанная методом UPGMA на основе матрицы генетического сходства 59 образцов ореха грецкого с использованием 12 SSR-маркеров

Второй кластер является более многочисленным и включает 48 сортов и гибридных форм. Он отличается сложной структурой, разделяясь на несколько

подкластеров. Первый подкластер формируют образцы, отнесенные к четвертой группе согласно результатам STRUCTURE (красный кластер): Родина, 13-49-23, 13-12-23. Остальные формы этой группы распределены по различным подкластерам. Центральную часть дендрограммы занимают сорта, элитные и перспективные формы, в том числе Аврора, Овен, Пелан, Заря Востока, Дар Кубани, Славянин, 13-54-23, 17-5-5, 17-3-8, 13-34-23 и другие. В программе STRUCTURE эти образцы формируют первый (синий) кластер. При этом наблюдается включение форм из четвертой (красной) группы. Аналогичное распределение форм можно увидеть на графике PCoA: наиболее обособленное положение занимают образцы второй и третьей группы, тогда как представители первой и четвертой групп расположены достаточно близко друг к другу. Отдельный подкластер составляют формы из третьей группы (зеленый): 17-1-1, 17-1-2, 17-1-11, 17-4-18, 17-3-11, 17-5-24, Десертный, 17-1-16, 17-5-19, 17-2-25. Выделяются формы Урожайный, 13-70-23, 13-92-23, так как они ответвляются от основной массы второго кластера на уровне сходства 0,3. Таким образом, результаты, полученные тремя методами (байесовский анализ STRUCTURE, анализ главных координат и иерархическая кластеризация UPGMA) согласуются друг с другом. Анализ полиморфизма микросателлитных маркеров показал высокий уровень аллельного разнообразия, сопоставимый с мировыми коллекциями ореха грецкого. При этом на плоскости главных координат (PCoA) группа новых перспективных гибридных форм распределена между группами и в целом дифференцирована по разным кластерам. Такое распределение указывает на то, что изученные гибридные формы представляют интерес для расширения существующей коллекции генофонда ореха грецкого СКФНЦСВВ.

В результате выполнения генотипирования с использованием микросателлитных ДНК-маркеров получены фингерпринты для каждой гибридной формы и сорта (Приложение Н). Данные фингерпринты представляют ценность для охраны авторских прав и паспортизации сортов, поскольку в соответствии с законом о семеноводстве (ФЗ «О семеноводстве» от 30.12.2021 №454-ФЗ) все сорта, передаваемые в Государственную инспекцию по сортоиспытанию и охране

селекционных достижений (ГСИ), в обязательном порядке должны будут иметь ДНК-паспорта. Полученные ДНК-фингерпринты имеют как теоретическую, так и практическую ценность, особенно для отрасли питомниководства, где точная идентификация сорта является основой как для защиты прав селекционера, так и для подтверждения подлинности посадочного материала при

3.6 Перспективные гибридные формы, обладающие селекционно-ценными признаками

В процессе изучения биологических особенностей гибридных форм ореха грецкого в условиях Прикубанской зоны садоводства Краснодарского края получены данные, позволяющие выделить ценные формы по селекционно-ценным признакам (таблица 32).

Таблица 32 – Характеристика гибридных форм ореха грецкого по селекционно-ценным признакам

Признак	Сорт/гибридная форма
Позднее начало вегетации	17- 1 -18, 17 -2 -14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-2-25, 17 5 5, 17-5-6, 17-5-10, 17-6-6, 17-6-16, 17-6-18, 13-55-23, 13-64-23, 13-92-23, 13-102-23
Позднее цветение	17-2-23, 17-3-8, 17-4-18, 17-5-6, 17-5-10, 17-5-19, 17-6-6, 17-6-16, 13-34-23, 13-35-23, 13-46-23, 13-49-23, 13-54-23, 13-64-23, 13-92-23, 13-102-23
Тип цветения гомогамный/протогиничный	17-1-4, 17-5-8, 13-52-23, 13-54-23, 13-64-23, 13-70-23, 13-92-23, 13-102-2, Родина (к), 17-1-16, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-2-25, 17-5-5, 17-5-24, 17-6-18, 13-44-23, 13-45-23, 13-48-23;
Устойчивое ежегодное плодоношение	17-1-16 (0,0), Родина(к) (10,81), 17-2-23 (1,82), 17-5-19 (3,45), 17-5-5 (2,04), 13-44-23 (2,22), 13-42-23 (5,26), 13-55-23 (5,88).
Урожайность, т/га	17-1-2 (2,0), 17-1-11 (2,3), 17-1-14(1,9), 17-2-17 (2,9), 13-34-23 (2,1), 13-45-23 (2,0), 13-48-23 (2,2), 13-55-23 (2,1), 13-64-23 (2,1)
Продуктивность	17-2-17, 13-48-23, 13-55-23, 17-1-16, 13-44-23, 13-45-23
Раннее созревание плодов	17-1-4, 17-1-11, 17-1-14, 17-1-16, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-16, 17-2-23, 17-2-25, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-19, 17-5-24, 13-46-23, 13-48-23, 13-70-23
Устойчивость к патогенам	17-4-18, 17-5-6, 17-5-10, 17-6-16, 13-49-23, 13-70-23, 13-92-23
Засухоустойчивость	17-3-8, 17-6-18, 13-55-23

Продолжение таблицы 32

Крупноплодность	17-4-18, 13-48-23, 17-1-18, 17-5-24, 17-6-18, 13-35-23, 13-45-23, 13-52-23, 13-54-23, 13-70-23
Высокое содержание ядра (более 56%)	17-2-23, 17-2-14, 17-5-8
Выделяемость ядра целиком	17-5-5, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-10, 17-5-24, 17-6-16, 17-6-18, 17-6-24, 13-12-23, 13-44-23, 13-64-23
Хорошая выполненность ядра	Родина (к), 17-1-18, 17-2-14, 17-3-11, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-19, 13-34-23, 13-35-23, 13-45-23, 13-70-23
Тонкая мембрана	Родина (к), 17-1-1, 17-1-2, 17-1-4, 17-1-11, 17-1-16, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-25, 17-3-8, 17-4-18, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-10, 17-6-24, 13-44-23, 13-64-23
Светлое ядро	Родина (к), 17-2-5, 17-2-16, 17-2-20, 17-2-23, 17-3-8, 17-5-5, 17-5-10, 7-6-16, 17-6-24, 13-12-23, 13-35-23, 13-44-23, 13-54-23, 13-55-23, 13-64-23, 3-102-23
Округлая форма плода	17-1-4, 17-2-23, 17-6-18, 13-42-23, 13-45-23, 13-46-23, 13-70-23
Низкий коэффициент вариации качества плодов	17-2-14, 17-3-11, 13-12-23, 13-35-23, 13-52-23
Высокое содержание масла (превышает сорт-контроль)	17-1-11, 17-1-16, 17-1-18
Содержание полиненасыщенных жирных кислот (более 70%)	17-1-1, 17-1-2, 17-1-11, 17-1-16, 17-2-5, 17-2-16, 17-2-25, 17-3-8, 17-4-18, 17-5-5, 17-5-6, 17-6-16, 17-6-18, 17-6-24, 3-44-23, 13-48-23, 13-49-23, 13-52-23, 13-55-23, 13-64-23, 13-70-23, 13-102-23

Проведенная комплексная оценка гибридных форм ореха грецкого позволила выделить формы, обладающие комплексом селекционно-ценных признаков (рисунок 51).

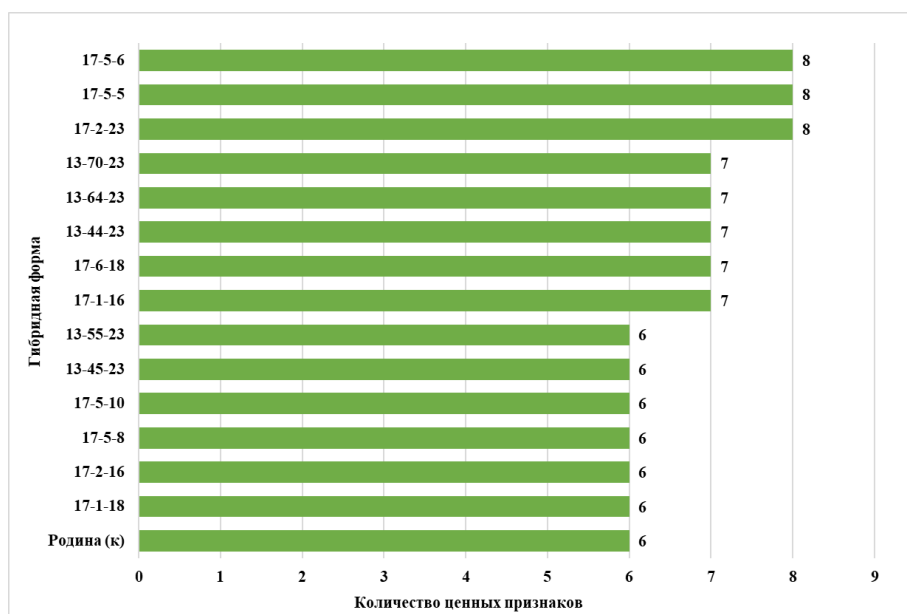


Рисунок 51 – Топ-10 гибридных форм по количеству ценных признаков

Краткая характеристика шести, наиболее выдающихся по своим фенотипическим характеристикам, форм представлена в таблице 33.

Таблица 33 – Характеристика наиболее перспективных гибридных форм ореха грецкого по признакам селекционно-ценных признаков

Гибридная форма	Комплекс признаков
17-5-6	Позднее начало вегетации, позднее цветение, раннее созревание плодов, устойчивость к патогенам, выделяемость ядра целиком, хорошая выполненность ядра, тонкая мембрана, высокое содержание ПНЖК, низкий коэффициент вариации массы плода,
17-5-5	Позднее начало вегетации, тип цветения, ежегодное плодоношение, раннее созревание плодов, хорошая выделяемость ядра, тонкая мембрана, светлое ядро, содержание ПНЖК, низкий коэффициент вариации массы плода и выходу ядра
17-2-23	Позднее начало вегетации, позднее цветение, гомогамный/протогиничный тип цветения, ежегодное плодоношение, высокое содержание ядра (>56%), раннее созревание плодов, светлое ядро, округлая форма плода, низкий коэффициент вариации массы плода и выходу ядра
17-1-16	Гомогамный/протогиничный тип цветения, ежегодное плодоношение, продуктивность, раннее созревание плодов, тонкая мембрана, высокое содержание масла, высокое содержание ПНЖК, низкий коэффициент вариации массы плода и выходу ядра
13-64-23	Позднее цветение, гомогамный/протогиничный тип цветения, урожайность, выделяемость ядра целиком, тонкая мембрана, светлое ядро, высокое содержание ПНЖК, низкий коэффициент вариации выхода ядра
13-44-23	Гомогамный/протогиничный тип цветения, ежегодное плодоношение, продуктивность, выделяемость ядра целиком, тонкая мембрана, светлое ядро, высокое содержание ПНЖК, низкий коэффициент вариации выхода ядра

На основе анализа генетических взаимосвязей по результатам микросателлитного генотипирования составлены пары для скрещивания, учитывая кластеры и их вклад. Для составления пар скрещивания необходимо учитывать принадлежность образцов к кластерам и их ценность для селекции исходя их наличия селекционно-ценных признаков. Сочетание образцов из разных групп способствует увеличению аллельного разнообразия в гибридном потомстве. Для получения сортов, отвечающих современным стандартам, необходимо использовать в качестве родительских пар источники селекционно ценных

признаков. При необходимости включения в селекцию сортов и элитных форм важно учитывать генетическое сходство предлагаемых для скрещивания пар. Для включения в селекционные программы предложены следующие пары для скрещивания, соединяющие ключевые признаки и имеющие коэффициент попарного сходства (КС) не более 0,5, определенный методом UPGMA:

1. 17-6-24 x 17-1-16 (КС=0,43) сочетают устойчивость к патогенам, ранее созревание плодов, высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот и масла, тонкая мембрана;

2. 17-5-24 x 17-6-16 (КС=0,47) – устойчивость к патогенам, качество плодов и содержание полиненасыщенных жирных кислот;

3. 17-2-25 x 17-4-18 (КС=0,40) – ранее созревание плодов, тонкая мембрана, высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот, устойчивость к патогенам;

5. 17-2-17 x 17-2-20 (КС=0,42) – засухоустойчивость, светлое ядро, тонкая мембрана;

6. 17-1-4 x 17-5-10 (КС=0,40)– продуктивность, устойчивость к патогенам, качество плодов, ранее созревание плодов;

7. 13-55-23x Родина (к) (КС=0,36) – высокие показатели урожайности и устойчивости к патогенам, высокое качество плодов;

8. 13-64-23 x 17-1-16 (КС=0,42) – высокая урожайность и содержание ПНЖК, высокое качество плодов;

9. 13-44-23 x 17-2-14 (КС=0,32)– продуктивность, качество плодов;

10. 17-5-6x17-1-4 – устойчивость к патогенам, хорошая выделяемость ядра, ранее созревание плодов;

11. 17-2-23 x 13-48-23 (КС=0,51) – высокое содержание ядра, округлая форма плода, высокая урожайность.

Включение в селекционные скрещивания образцов, обладающих наименьшим показателем коэффициента сходства, позволит не только повысить потенциальный уровень гетерогенности гибридного потомства, что даст

возможность избежать сужения генетического разнообразия генплазмы ореха грецкого в целом.

3.7 Оценка экономической эффективности возделывания перспективных форм ореха грецкого

В условиях современной экономики, характеризующейся усилением конкуренции, климатическими рисками и высокой капиталоемкостью первоначальных вложений, проблема повышения эффективности садоводства особенно актуальна. В селекционной работе анализ экономической эффективности является завершающим этапом в оценке перспективности новых гибридных форм, что позволяет определить потенциал коммерческого внедрения новых сортов в производство. По результатам четырех лет исследований выделено десять форм по комплексу хозяйственно-ценных признаков. Ключевые агробиологические и хозяйственно-ценные признаки, определяющие потенциал продуктивности и устойчивости насаждений приведены в таблице 34.

Таблица 34 –Хозяйственно-ценные показатели перспективных форм ореха грецкого

Сорт, гибридная форма	Бурая пятнистость, балл	Бактериоз, балл	Средняя урожайность, т/га	Масса плода, г	Выход ядра, %	Объем продукции (ядро), т/га
Родина(к)	1,5	2,0	1,9	13,17	48,40	0,919
17-1-16	1,5	1,5	1,5	10,79	48,48	0,727
17-2-17	1,0	0,5	2,9	9,47	52,42	1,52
17-2-23	2,5	2,5	1,4	8,37	61,83	0,863
17-5-5	1,0	2,0	1,2	8,56	55,82	0,669
17-5-6	1,0	0,5	1,8	8,97	50,46	0,909
13-45-23	1	1,5	2,0	12,92	42,41	0,849
13-48-23	1	1,5	2,2	14,27	45,97	1,010
13-55-23	2	1,5	2,1	10,85	45,86	0,966
13-70-23	0,5	0,5	1,8	12,58	52,67	0,948
13-64-23	1,5	0	2,1	10,60	50,50	1,059

Выявлена вариабельность изученных форм по устойчивости к бурой пятнистости и бактериозу. Наименьшей восприимчивостью (0,5-1,0 балл) отличаются формы 13-70-23, 13-64-23. Гибрид 17-5-6 показал высокую устойчивость к бактериозу. Это указывает на потенциал для снижения пестицидной нагрузки и производства более экологичной продукции.

Наибольшей урожайностью (2,0-2,9 т/га) выделились гибриды 17-2-17, 13-48-23, 13-55-23, 13-64-23. Выход ядра является критически важным параметром для экономики производства, так как определяет долю товарной продукции. Наибольший процент выхода ядра отмечен у форм 17-2-23, 13-70-23, 17-5-5, 17-2-17, 13-64-23.

Проведена сравнительная экономическая оценка десяти гибридных форм ореха грецкого по комплексу показателей (таблица 35).

Таблица 35 – Экономическая эффективность производства перспективных гибридных форм ореха грецкого

Сорт, гибридная форма	Затраты на производство, тыс.руб./га	Выручка, тыс.руб./га	Прибыль от продаж, тыс.руб./га	Рентабельность продукции, %	Отклонение от контроля, +/-	Рейтинг
Родина(к)	301,9	459,4	157,5	52,2	х	8
17-1-16	247,8	363,5	115,6	46,7	-5,5	9
17-2-17	430,2	760,0	329,8	76,7	24,5	1
17-2-23	302,5	431,7	129,2	42,7	-9,4	11
17-5-5	231,7	334,6	102,9	44,4	-7,8	10
17-5-6	280,5	454,3	173,7	61,9	9,7	4
13-45-23	277,6	424,7	147,1	53,0	0,8	6
13-48-23	315,0	505,1	190,1	60,4	8,2	5
13-55-23	315,8	483,1	167,2	53,0	0,8	7
13-70-23	284,4	474,0	189,7	66,7	14,5	2
13-64-23	319,3	529,7	210,3	65,9	13,7	3

Анализ данных таблицы показал, что выделенные гибридные формы можно разделить по уровню экономической эффективности:

1. В первую группу вошли формы, достоверно превосходящие сорт-контроль. Лидером является форма 17-2-17 с рентабельностью 76,7 %, такой результат обусловлен высокой урожайностью данной формы в сочетании с

высоким процентом выхода ядра. Также гибриды 13-70-23 и 13-64-23 отличаются высокой рентабельностью. Они сочетают высокий процент выхода ядра, повышенную устойчивость к болезням.

2. Группа, составляющая по уровню эффективности конкуренцию сорту-контролю Родина. Сюда входят формы 13-48-23, 13-45-23, 13-55-23. Гибрид 13-48-23 представляет интерес как крупноплодная, высокоурожайная форма, показывающая рентабельность выше контроля.

3. Группа низкой экономической эффективности. Гибриды 17-1-16, 17-5-5, 17-2-23 показали рентабельность ниже контрольного сорта.

Проведенная объективная сравнительная экономическая оценка гибридных форм ореха грецкого позволила выделить формы перспективные для производства высококачественной орехоплодной отечественной продукции – 13-70-23, 13-64-23, 17-2-17.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Определены группы форм по срокам начала распускания почек. Поздние сроки (1 декада апреля): 17-1-18, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-10, 17-6-6, 17-6-18, 13-92-23, 13-102-23. Группа с поздним началом вегетации выделена как ценная для селекции, так как они имеют минимальные риски повреждения весенних возвратных заморозков.

2. Выделены ценные для селекции поздноцветущие формы: 17-2-23, 17-3-8, 17-4-18, 17-5-6, 17-5-10, 17-5-19, 17-6-6, 17-6-16, 13-34-23, 13-35-23, 13-46-23, 13-49-23, 13-54-23, 13-64-23, 13-92-23, 13-102-23.

3. Изучен признак «тип цветения» гибридных форм ореха грецкого, проведена оценка степени дигогамии, в результате которой гибридные формы ореха грецкого были классифицированы на протандричные (19 форм), протогиничные (16 форм) и гомогамные (7 форм). Гомогамные и протогиничные формы - Родина (к), 17-1-16, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-2-25, 17-5-5, 17-5-24, 17-6-18, 17-1-4, 17-5-8. На основе данных о сроках цветения подобраны пары опылителей для гибридных форм ореха грецкого.

4. Получены данные по комплексу признаков, формирующих продуктивность. Выделены формы 13-45-23, 17-1-2, 13-34-23, 13-64-23, 13-55-23, 13-48-23, 17-1-11, 17-2-17. Низкий индекс периодичности плодоношения (<5 %) отмечен у форм – 17-1-16 (0,0), Родина(к) (1,85), 17-2-23 (1,82), 17-5-19 (3,45), 17-5-5 (2,04), 13-44-23 (2,22), 13-42-23 (5,26), 13-55-23 (5,88). В результате комплексной оценки составляющих элементов продуктивности выделены следующие формы: 17-2-17, 13-48-23, 13-55-23, 13-64-23, 17-1-16, 13-44-23, 17-1-11.

Установлено, что условия года оказывают достоверное влияние на сроки фенологического развития (влияние фактора «год» на распускание почек – 84,1 %, на цветение – до 86,9 %), урожайность (20,98 % дисперсии).

5. По результатам оценки сроков созревания плодов к раносозревающим формам отнесено 11 гибридов: 17-1-4, 17-1-11, 17-1-14, 17-1-16, 17-1-18, 17-2-5, 17-2-16, 17-2-23, 17-2-25, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-8, 17-5-19, 17-5-24, 13-46-23, 13-48-23, 13-70-23. Короткий период вегетации (менее 210 дней) отмечен у форм 17-6-18 (201), 17-6-16 (202), 17-3-8 (206), 17-1-4 (207), 17-1-1 (207), 17-3-11 (207), 17-4-18 (207), 13-48-23 (207), 17-1-2 (208).

6. Семь гибридов выделены по признаку высокой комплексной устойчивости к бактериозу и бурой пятнистости: 17-4-18, 17-5-6, 17-5-10, 17-6-16, 13-49-23, 13-70-23, 13-92-23. По итогам изучения элементов засухоустойчивости в лабораторных условиях были выделены формы, превосходящие сорт-контроль: 17-6-6, 17-6-18, 17-3-8, 13-55-23.

7. Выделены перспективные формы, источники селекционно-ценных признаков: крупноплодность – 17-4-18, 13-48-23, 17-1-18, 17-5-24, 17-6-18, 13-35-23, 13-45-23, 13-52-23, 13-54-23, 13-70-23; высокое содержание ядра: 17-2-23, 17-2-14, 17-5-8, 17-1-4, 17-2-16, 17-5-5, 17-3-8, 17-5-10, 13-44-23, 13-46-23; тонкокорость – 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-23, 17-5-5, 17-5-8, 17-5-10, 17-6-6, 13-35-23, 13-44-23, 13-46-23, 13-64-23, 13-102-23; светлое ядро –, 17-2-5, 17-2-16, 17-2-20, 17-2-23, 17-3-8, 17-5-5, 17-5-10, 17-6-16, 17-6-24, 13-12-23, 13-35-23, 13-44-23, 13-54-23, 13-55-23, 13-64-23, 13-102-23. Выделено три формы, превосходящие сорт-контроль более чем по трем признакам: 17-2-14, 13-70-23, 13-64-23.

8. По результатам биохимического состава плодов выделены высокомасличные формы, составляющие 63 % от общей выборки изученных гибридов. Три образца обладают более высоким уровнем содержания масла, чем сорт-контроль - 17-1-11, 17-1-16, 17-1-18. Максимальное содержание фенольных соединений (1,54-2,45 г/кг) отмечено у гибридов: 17-1-1, 17-1-16, 17-2-25, 13-49-23. Высокое содержание калия (>8 г/мг) отмечено у пяти гибридных форм: 17-2-5, 17-2-25, 17-5-24, 13-54-23, 13-70-23. Четыре формы отличались более высоким содержанием натрия (от 1,2 до 3,5 г/кг): 17-2-5, 13-70-23, 17-2-25, 17-1-16. Гибридная форма 17-5-19 характеризовалась максимальным значением кальция – 4,2 г/кг. Выделены источники высокого содержания полиненасыщенных жирных

кислот: 17-6-16, 13-44-23, 17-6-18. Формы с оптимальным соотношением омега-6/омега-3 – 13-45-23, 17-1-18, 13-49-23; соотношение МНЖК/ПНЖК – 17-3-8, 17-3-11, 17-4-18, 17-5-19, 17-6-6, 13-54-23, 13-92-23.

9. Проведен анализ генетического разнообразия 63 образцов ореха грецкого с использованием 12 SSR-маркеров. Установлен высокий уровень аллельного полиморфизма, сопоставимый с мировыми коллекциями. Кластеризация методами STRUCTURE, PCoA и UPGMA выявила дифференциацию генофонда на четыре генетические группы, Перспективные гибридные формы распределены по всем кластерам, что подтверждает их генетическую гетерогенность и ценность для расширения селекционного генофонда.

10. Получены уникальные ДНК-фингерпринты для всех изученных образцов, которые могут быть использованы для паспортизации сортов, защиты авторских прав и контроля подлинности посадочного материала в питомниководстве.

11. По результатам оценки выделены перспективные формы, обладающие наиболее полным комплексом ценных признаков: 17-5-6, 17-5-5, 17-2-23, 17-1-16, 13-64-23, 13-44-23.

12. Повышенной экономической эффективностью (рентабельность производства плодов 66,7 % - 76,7 %) являются формы 17-2-17, 13-70-23.

РЕКОМЕНДАЦИИ СЕЛЕКЦИИ

На основании комплексной оценки исходного материала ореха грецкого выделены формы-источники селекционно-ценных признаков:

1. Для селекции поздневегетирующих сортов рекомендуются формы 17-1-18, 17-2-14, 17-2-16, 17-2-17, 17-2-20, 17-2-23, 17-5-5, 17-5-6, 17-5-10;

2. Селекция на урожайность: 17-2-17, 13-48-23, 13-64-23, 13-55-23, 17-1-11;

3. Селекция на засухоустойчивость: 17-3-8, 17-6-16, 13-55-23, 13-64-23, 13-92-23;

4. Устойчивость к основным патогенам (бактериоз, бурая пятнистость): 17-4-18, 17-5-6, 17-5-10, 17-6-16, 13-49-23, 13-70-23, 13-92-23.

5. Селекция на высокое качество плодов: 17-4-18, 13-48-23, 13-54-23, 13-70-23 (источники крупноплодности), 17-2-23, 17-2-14, 17-5-8, 13-46-23 (источники высокого выхода ядра), 17-2-16, 17-5-5, 13-44-23, 13-64-23, 13-54-23 (тонкая скорлупа и светлое ядро)

6. Селекция на улучшение биохимического состава плодов: 17-1-16, 17-1-11, 17-1-18 (высокое содержание жиров), 17-6-16, 13-44-23, 17-6-18 (источники ПНЖК), 13-45-23, 13-49-23, 17-5-19, 13-54-23 (соотношение омега-6/омега-3).

7. Пары скрещиваний на основании матрицы генетического сходства, сочетающие селекционно-ценные признаки: 17-6-24 x 17-1-16; 17-5-24 x 17-6-16; 17-2-25 x 17-4-18; 17-2-17 x 17-2-20; 17-1-4 x 17-5-10; 13-55-23 x Родина (к); 13-64-23 x 17-1-16; 13-44-23 x 17-2-14; 17-5-6 x 17-1-4.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшие исследования целесообразно направить на углубление и расширение полученных в ходе данной работы результатов. На основании разработанной матрицы генетического сходства и выявленных источников ценных признаков необходима практическая реализация рекомендованных пар селекционных скрещиваний (например, 17-6-24 x 17-1-16, 17-5-24 x 17-6-16 и т.д.). В первую очередь в качестве родительских форм будут использованы выделенные перспективные формы, обладающие комплексом хозяйственно-ценных признаков. Следует отметить, что данные формы также являются кандидатами в сорта и в будущем планируется проведение дополнительное проведение оценки по комплексу хозяйственно-ценных признаков с последующей передачей в Государственное сортоиспытание лучших образцов. В отборе форм, устойчивых к весенним возвратным заморозкам особую значимость приобретает использование молекулярных маркеров (JRHR209732 и CUJRBO12), сцепленных с локусами, контролирующими сроки распускания почек. Для валидации данных ДНК-маркеров необходим скрининг гибридных форм ореха грецкого генофонда СКФНЦСВВ их использованием. Результаты ДНК-паспортизации и оценки генетического разнообразия являются важной научной информацией для формирования стратегии пополнения генофонда, а также для ускоренной генетической идентификации образцов в будущем.

Таким образом, актуальной задачей остается создание и внедрение в производство конкурентоспособных отечественных сортов ореха грецкого, сочетающих высокую адаптивность к нестабильным климатическим условиям Юга России, устойчивость к основным патогенам со стабильной продуктивностью и улучшенным качеством плодов. Дальнейшее развитие темы позволит расширить генофонд ореха грецкого за счет интеграции селекционных и молекулярно-генетических методов, и повысит эффективность селекционного совершенствования сортимента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Краснодарского края / Под. Ред. З.Н. Русеевой и Ш.Ш. Народецкой – Л.: Гидрометиздат, 1975. – 276 с.
2. Аль-Накиб, Е. А. Анализ жирнокислотного состава плодов перспективных гибридных форм ореха грецкого / Е. А. Аль-Накиб // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2025. – № 94(4). – С. 13-22. – DOI 10.30679/2219-5335-2025-4-94-13-22
3. Аль-Накиб, Е. А. Комплексная фенотипическая оценка по признакам качества плодов и анализ генетического разнообразия перспективных элитных форм ореха грецкого селекции ФГБНУ СКФНЦСВВ / Е. А. Аль-Накиб // Садоводство и виноградарство. – 2024. – № 1. – С. 12-23. – DOI 10.31676/0235-2591-2024-1-12-23.
4. Аль-Накиб, Е. А. Оценка элитных форм ореха грецкого по комплексу признаков качества плодов и жирнокислотному составу / Е. А. Аль-Накиб, И. И. Супрун // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2025. – № 156. – С. 69-79.
5. Аль-Накиб, Е. А. Полевая оценка восприимчивости селекционных форм ореха грецкого из коллекции ФГБНУ СКФНЦСВВ к бактериозу и бурой пятнистости / Е. А. Аль-Накиб // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2025. – № 92. – С. 131-140. – DOI 10.31360/2225-3068-2025-92-131-141.
6. Аль-Накиб, Е. А. Характеристика гибридных форм ореха грецкого селекции ФГБНУ СКФНЦСВВ по жирнокислотному составу / Е. А. Аль-Накиб // Виноградарство и виноделие. – 2025. – Т. 54. – С. 24-27.
7. Анализ генетического разнообразия и оценка селекционно-ценных признаков ореха грецкого генофонда Юга России / И. И. Супрун, Е. А. Аль-Накиб, Е. В. Лободина [и др.] // Передовые исследования Кубани: сборник материалов Ежегодной отчетной конференции грантодержателей Кубанского научного фонда, Сочи, 29–31 мая 2024 года. – Краснодар: Кубанский научный фонд, 2024. – С. 127–131.

8. Анализ генетического разнообразия селекционно-ценных форм ореха грецкого из коллекции Главного Ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН с использованием SSR-маркеров / И. И. Супрун, И. В. Степанов, В. В. Соколова, Е. А. Аль-Накиб // Садоводство и виноградарство. – 2022. – № 6. – С. 16–23. – DOI: 10.31676/0235-2591-2022-6-16-23.
9. Анализ жирнокислотного состава и генетических взаимосвязей сортов и элитных форм ореха грецкого из генофонда СКФНЦСВВ для повышения эффективности селекции на биологическую ценность плодов / И. И. Супрун, Е. А. Аль-Накиб, И. В. Степанов [и др.] // Садоводство и виноградарство. – 2025. – № 4. – С. 5–14. – DOI: 10.31676/0235-2591-2025-4-5-14.
10. Анализ содержания жирных кислот в плодах сортов и селекционных форм ореха грецкого / Е. А. Аль-Накиб, И. И. Супрун, Е. А. Кожевников, А. О. Авакимян // Передовые исследования Кубани: сборник материалов Ежегодной отчетной конференции грантодержателей Кубанского научного фонда, Анапа, 30 мая – 01 июня 2025 года. – Краснодар: Кубанский научный фонд, 2025. – С. 77-80.
11. Артюхова, Л. В. Комплексная оценка биометрических показателей гибридных форм ореха грецкого на Юге России / Л. В. Артюхова // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2025. – Т. 27. – № 1(131). – С. 29–33.
12. Артюхова, Л. В. Оценка восприимчивости и отбор устойчивых гибридных форм ореха грецкого к зимне-весенним подмерзаниям в Прикубанской зоне садоводства / Л. В. Артюхова // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2023. – № 81(3). – С. 189–201.
13. Артюхова, Л. В. Оценка восприимчивости и отбор устойчивых гибридных форм ореха грецкого к бурой пятнистости в Прикубанской зоне садоводства / Л. В. Артюхова, И. М. Балапанов, Е. В. Ульяновская // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2022. – № 75(3). – С. 16–25. – DOI: 10.30679/2219-5335-2022-3-75-16-25.
14. Артюхова, Л. В. Оценка перспективных форм ореха грецкого селекции СКФНЦСВВ по качеству плодов / Л. В. Артюхова, Ю. Ф. Якуба, И. М. Балапанов

// Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2021. – № 67(1). – С. 55–65. – DOI: 10.30679/2219-5335-2021-1-67-55-65.

15. Артюхова, Л. В. Селекционная оценка гибридных форм ореха грецкого на урожайность по комплексу признаков / Л. В. Артюхова, Е. В. Ульяновская // Современное садоводство. – 2025. – № 1. – С. 6–14.

16. Артюхова, Л. В. Селекционная оценка качества плодов перспективных сортов ореха грецкого на Юге России / Л. В. Артюхова // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2023. – № 83(5). – С. 70–80.

17. Артюхова, Л. В. Устойчивость гибридных форм ореха грецкого (*Juglans regia* L.) к бактериозу в условиях Южного садоводства / Л. В. Артюхова // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2022. – № 76(4). – С. 193–201. – DOI 10.30679/2219-5335-2022-4-76-193-201.

18. Бадалов, П. П. Биологические основы культуры орехов рода *Juglans* в степной части Украины: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.01 / П. П. Бадалов. – Киев, 1987. – 45 с.

19. Бадалов, П. П. Интродукция ореха грецкого рода *Juglans* на Веселобокhovenьковской сел.-дендрол. станции / П. П. Бадалов // Лесоводство и агролесомелиорация: сб. науч. тр. – Киев, 1971. – № 25. – С. 47–52.

20. Бадалов, П. П. Использование методов гибридизации и апомиксиса для получения перспективных форм ореха грецкого / П. П. Бадалов // Лесное хозяйство. – 1983. – № 12. – С. 24–25.

21. Берзегова, А. А. Химический состав плодов грецкого ореха / А. А. Берзегова // Новые технологии. – 2007. – № 4. – С. 42–43.

22. Биганова, С. Г. Оптимизация оценки сортофонда ореха грецкого при селекции на качество плодов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01 / С. Г. Биганова. – Майкоп, 2001. – 22 с.

23. Биганова, С. Г. Современные тенденции селекции ореха грецкого в России / С. Г. Биганова, Ю. И. Сухоруких, А. П. Луговской // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1. – С. 531.

24. Биганова, С. Г. Сравнение методик выделения перспективного генофонда ореха грецкого по качеству плодов / С. Г. Биганова, Ю. И. Сухоруких, Э. К. Пчихачев // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2022. – Т. 183, вып. 2. – С. 17–23.
25. Вересин, М. М. Селекция ореха грецкого на зимостойкость методом отбора и гибридизации / М. М. Вересин, М. К. Улюкина // Лесная генетика, селекция и семеноводство: сб. науч. тр. –1970. – С. 167–173.
26. ГОСТ 31663-2012 Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот. Москва: Стандартинформ, 2013. – 11 с.
27. ГОСТ 8.597-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Семена масличных культур и продукты их переработки. Методика выполнения измерений масличности и влажности методом импульсного ядерного магнитного резонанса. Москва: Стандартинформ, 2011. – 12 с.
28. ГОСТ Р 31665-2012 Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот. Москва: Стандартинформ, 2013. – 11 с.
29. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
30. Ефименко, С.Г. Определение содержания масла и основных жирных кислот семян рапса озимого с помощью ИК-спектроскопии / С. Г. Ефименко, С.К. Ефименко, Л.О. Усатенко //Масличные культуры. 2023. –2(194). – С. 40-50. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2023-2-194-40-50>.
31. Заремук, Р. Ш. Селекционная оценка гибридных форм ореха грецкого / Р. Ш. Заремук, Л. В. Артюхова, И. М. Балапанов // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2020. – № 66(6). – С. 28-38. – DOI 10.30679/2219-5335-2020-6-66-28-38.
32. Зарубин, А. Ф. Культура ореха грецкого в Воронежской области / А. Ф. Зарубин // Лесоведение. – 1976. – № 33. – С. 100–102.

33. Комплексная агробиологическая оценка и анализ генетических взаимосвязей перспективных сортов ореха грецкого Никитского ботанического сада / Ю. В. Плугатарь, И. И. Супрун, С. Ю. Хохлов [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2023. – Т. 27, № 5. – С. 454–462. – DOI: 10.18699/VJGB-23-55.
34. Корниенко, П. С. Оценка устойчивости сортов и форм ореха грецкого (*Juglans regia* L.) селекции НБС-ННЦ к бурой пятнистости [*Marssonina juglandis* (Lib.) Magn.] в степной зоне Крыма / П. С. Корниенко, Ю. В. Плугатарь, С. Ю. Хохлов // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2023. – № 148. – С. 142–147.
35. Корниенко, П. С. Сравнительный анализ состояния и распространения ореха грецкого в мире, а также проблематика его возделывания в России / П. С. Корниенко // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 29(192). – С. 46–58.
36. Лакин, Г. Ф. Биометрия: учебное пособие для биологических специальных вузов / Г. Ф. Лакин. Высшая школа. – Москва, 1990. – С.352
37. Луговской, А. П. Адаптивный потенциал ореха грецкого и его реализация в селекционных образцах нового поколения / А. П. Луговской, Д. Г. Мурзинова // Наука Кубани. – 2009. – № 4. – С. 51–56.
38. Луговской, А. П. Исходный материал ореха грецкого для создания новых сортов / А. П. Луговской, Л. В. Артюхова, И. М. Балапанов // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – 2020. – Т. 28. – С. 55–56.
39. Луговской, А. П. Латеральное плодоношение в селекции ореха грецкого / А. П. Луговской, И. М. Балапанов, Л. В. Артюхова // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. – 2019. – № 23. – С. 77–79. – DOI: 10.30679/2587-9847-2019-23-77-79.
40. Луговской, А. П. Оценка индекса урожайности перспективных селекционных форм ореха грецкого с выраженным латеральным плодоношением в

условиях Северного Кавказа / А. П. Луговской, Л. В. Артюхова, И. М. Балапанов // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2019. – Т. 6, № 1. – С. 67–69.

41. Луговской, А. П. Перспективные сорта ореха грецкого для зоны Северного Кавказа и их биологическая характеристика / А. П. Луговской, И. М. Балапанов // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2018. – № 51(3). – С. 98-110. – DOI 10.30679/2219-5335-2018-3-51-98-110.

42. Луговской, А. П. Селекция ореха грецкого / А. П. Луговской // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общей редакцией Е.Н. Седова. – Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 1995. – С. 425-435.

43. Луговской, А. П. Совершенствование системы возделывания ореха грецкого на Северном Кавказе / А. П. Луговской, Д. Г. Мурзинова // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2010. – № 6(5). – С. 15-23.

44. Луговской, А. П. Совершенствование сортимента ореха грецкого в зоне Северного Кавказа / А. П. Луговской, Л. В. Артюхова, И. М. Балапанов // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2019. – № 56(2). – С. 35–50. – DOI: 10.30679/2219-5335-2019-2-56-35-50.

45. Луговской, А. П. Современное состояние и перспективы развития орехоплодных культур на Северном Кавказе / А. П. Луговской, Г. Б. Болатова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2005. – Т. 12. – С. 504–514.

46. Луговской, А. П. Хозяйственные и биологические особенности отборных форм ореха грецкого в условиях юга России / А. П. Луговской, И. М. Балапанов // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2018. – № 52. – С. 30–41.

47. Методические рекомендации по определению эффективности сельскохозяйственного производства / под ред. акад. РАСХН В. Р. Боева. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства (ВНИЭСХ), 1996. – 67 с.

48. Озол, А. М. Грецкий орех, его интродукция и акклиматизация / А. М. Озол, Е. И. Хорьков. – Рига: Изд-во Академии наук Латвийской ССР, 1958. – 302 с.

49. Оценка качества плодов перспективных форм ореха грецкого из местных семенных популяций Краснодарского края и Белгородской области / Е. А. Аль-Накиб, И. И. Супрун, Е. В. Лободина, А. О. Авакимян // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2024. – № 85(1). – С. 174-185. DOI: 10.30679/2219-5335-2024-1-85-174-185.
50. Оценка сроков распускания почек у сортов и селекционных форм ореха грецкого из генофонда Краснодарского края и валидация SSR-маркеров QTL данного признака / И. И. Супрун, Е. А. Аль-Накиб, И. В. Степанов [и др.] // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2025. – Т. 186, № 1. – С. 158–169.
51. Оценка сроков цветения и качественных характеристик плодов перспективных селекционных форм ореха грецкого генофонда СКФНЦСВВ / И. И. Супрун, Е. А. Аль-Накиб, Е. В. Лободина, С. Н. Щеглов // Садоводство и виноградарство. – 2024. – № 6. – С. 15–25.
52. Перспективы использования ореха грецкого в сельском хозяйстве республики Крым / С. Ю. Хохлов, Е. С. Панюшкина, С. Ю. Цюпка, В. А. Мельников // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 67. – С. 277–281.
53. Поиск и оценка перспективных форм ореха грецкого в местных семенных популяциях Краснодарского края / И. И. Супрун, Е. В. Лободина, Е. А. Аль-Накиб, А. О. Авакимян // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2023. – № 79(1). – С. 45–59.
54. Помология. В 5 т. Т. 5: Земляника. Малина. Орехоплодные и редкие культуры / под ред. Е. Н. Седова, Л. А. Грюнер. – Орёл: ВНИИСПК, 2014. – 592 с.
55. Попов, С. Н. Изучение интродуцированных форм ореха в условиях Северного Прикаспия / С. Н. Попов // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 3. – С. 44-50.
56. Попов, С. Н. Оценка устойчивости форм ореха грецкого к марсонииозу в аридных условиях Нижнего Поволжья / С. Н. Попов // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 1. – С. 46–51.

57. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е. Н. Седова. – Орёл: ВНИИСПК, 1995. – 502 с.
58. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. – Орёл: ВНИИСПК, 1999. – 606 с.
59. Программа Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года / под ред. Е. А. Егорова. – Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2013. – 202 с.
60. Разработка моделей и оценка мирового сортофонда ореха грецкого по качеству плодов / С. Г. Биганова, Ю. И. Сухоруких, А. П. Глинушкин, Э. К. Пчихачев // Новые технологии. – 2022. – № 4. – С. 128–138.
61. Рихтер, А. А. Грецкий орех / А. А. Рихтер, А. А. Ядров. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 215 с.
62. Ряднова, Т. С. Селекция ореха грецкого в Белгородской области / Т. С. Ряднова, В. А. Славский // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2020. – Т. 8, № 3(50). – С. 403–408.
63. Славский, В. А. Зависимость зимостойкости от фенологических особенностей местных форм и гибридов ореха грецкого в Воронежской области / В. А. Славский, Е. А. Николаев, Е. А. Славская // Лесотехнический журнал. – 2013. – № 1(9). – С. 68–73.
64. Славский, В. А. Комплексная оценка зимостойкости ореха грецкого в Воронежской области / В. А. Славский, М. П. Чернышов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2018. – № 224. – С. 37.
65. Славский, В. А. Оценка зимостойкости видов орехов рода *Juglans* в Воронежской области / В. А. Славский // Лесотехнический журнал. – 2019. – Т. 9, № 1(33). – С. 85–92.
66. Славский, В. А. Оценочные критерии качества плодов ореха грецкого в Центральном Черноземье / В. А. Славский, Е. А. Николаев, Д. А. Тимащук // Лесотехнический журнал. – 2015. – Т. 5, № 20. – С. 58–66.

67. Славский, В. А. Прогноз расширения границ площадей, пригодных для создания плантаций ореха грецкого в Воронежской области / В. А. Славский // Лесотехнический журнал. – 2018. – Т. 8, № 4(32). – С. 129–136.
68. Славский, В. А. Устойчивость орехов рода *Juglans* к отрицательным зимним температурам в Воронежской области / В. А. Славский, М. П. Чернышов // Лесотехнический журнал. – 2018. – Т. 8, № 1(29). – С. 69–77.
69. Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2012. – 569 с.
70. Современные методология, инструментарий оценки и отбора селекционного материала садовых культур и винограда: монография / отв. ред. Е.А. Егоров. – Краснодар: СКФНЦСВВ, 2017. – 282 с.
71. Современные сорта и технологии возделывания грецкого ореха в условиях юга России: методические рекомендации / А. П. Луговской, И. И. Супрун, И. М. Балапанов, М. Е. Подгорная. – Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2018. – 69 с.
72. Стрела, Т. Е. Биологические основы создания высокопродуктивных садов ореха грецкого на Украине/Т. Е. Стрела – Киев: Наук. думка, 1982. – 92 с.
73. Супрун, И. И. Изменчивость качественных характеристик и жирнокислотного состава плодов у сорта ореха грецкого Чандлер на разных режимах орошения / И. И. Супрун, Е. А. Аль-Накиб, Е. В. Лободина // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2025. – № 95(5). – С. 126–135.
74. Супрун, И. И. Комплексный подход в пополнении генофонда ореха грецкого на основе изучения местных семенных популяций Краснодарского края / И. И. Супрун, Е. А. Аль-Накиб, С. В. Токмаков // Садоводство и виноградарство. – 2023. – № 5. – С. 5–18.
75. Супрун, И. И. Оценка перспективных интродукционных форм ореха грецкого по комплексу хозяйственно ценных признаков / И. И. Супрун, Е. А. Аль-Накиб, М. Н. Семенова // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2022. – № 78(6). – С. 219–234.

76. Сухоруких, Ю.И. Методика оценки сортофонда ореха грецкого / Ю.И. Сухоруких, С.Г. Биганова // Методики опытного дела и методические рекомендации Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства. – 2002. – С. 118–136.
77. Сухоруких, Ю.И. Методы оценки селекционного материала ореха грецкого / Ю.И. Сухоруких, А.П. Луговской, С.Г. Биганова // Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству. – 2010. – С. 76–96.
78. Сухоруких, Ю.И. Монографическое описание генофонда ореха грецкого / Ю.И. Сухоруких, С.Г. Биганова // XXXVIII неделя науки МГТУ. – 2020. – С. 198–201.
79. Сухоруких, Ю.И. О выращивании ореха грецкого в республике Адыгея / Ю.И. Сухоруких, С.Г. Биганова // Вестник Майкопского государственного технологического университета, 2010. – № 3. – С. 26–31.
80. Сухоруких, Ю.И. Программа и методика селекции ореха грецкого / Ю.И. Сухоруких, А.П. Луговской, С.Г. Биганова // Майкоп: ООО «Качество», 2007. – 57 с.
81. Улюкина, М. К. Апомиксис у видов рода *Juglans* в районе Воронежа / М. К. Улюкина // Актуальные проблемы генетики и селекции: сб. науч. тр. – Воронеж, 1976. – С. 38–39.
82. Улюкина, М. К. Опыт сортоиспытания ореха грецкого в условиях Воронежа / М. К. Улюкина // Генетика, селекция, семеноводство и интродукция древесных пород: сб. науч. тр. – Воронеж, 1975. – Вып. 2. – С. 73–76.
83. Улюкина, М. К. Отдаленная гибридизация в роде *Juglans* в районе Воронежа / М. К. Улюкина // Генетика, селекция, семеноводство и интродукция древесных пород: сб. науч. тр. – Воронеж, 1976. – Вып. 3. – С. 44–50.
84. Фелалиев, А. С. Некоторые морфобиологические и биохимические показатели плодов перспективных местных форм ореха грецкого (*Juglans regia* L.) / А. С. Фелалиев, З. Д. Шомамадова, А. М. Махрамов // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. – 2018. – Т. 61, № 7–8. – С. 674–679.

85. Халафян, А. А. STATISTICA 6.0. Статистический анализ данных / А. А. Халафян. – Москва: Бином-Пресс, 2008. – 512 с.
86. Хасанов, Б. А. Устойчивость сортов ореха к марсониизу / Б. А. Хасанов, А. А. Сафаров // World science: problems and innovations. – 2019. – С. 94–96.
87. Хохлов, С. Ю. Изучение морфологической изменчивости плодов и оценка перспективных сортов ореха грецкого / С. Ю. Хохлов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – Вып. 67. – С. 273–277.
88. Цуркан, И.П. Грецкий орех / И.П. Цуркан. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1979. – 156 с.
89. Щепотьев, Ф. Л. Орехоплодовые лесные и садовые культуры / Ф. Л. Щепотьев, А. А. Рихтер, Ф. А. Павленко. – М.: Агропромиздат, 1985. – 244 с.
90. Ярмолич, С. А. Некоторые результаты оценки качества плодов гибридов ореха грецкого отечественной селекции / С. А. Ярмолич, З. А. Козловская // Плодоводство. – 2022. – № 33. – С. 154–158.
91. Ярмолич, С. А. Оценка качества плодов сортов ореха грецкого российской селекции в условиях Беларуси / С.А. Ярмолич, З.А. Козловская // Плодоводство. – 2022. – Т. 31, № 1. – С. 226–230.
92. A fine-scale genetic linkage map reveals genomic regions associated with economic traits in walnut (*Juglans regia*) / M. K. Aradhya, D. Velasco, J. R. Wang [et al.] // Plant Breeding. – 2019. – Vol. 138, No. 5. – P. 635–646.
93. Acar, S. Determination of fatty acids, tocopherols, selenium and total carotene of walnut genotypes and evaluations by cluster, PCA and correlation analysis / S. Acar, A. Kazankaya, A. Doğan // Erwerbs-Obstbau. – 2023. – Bd. 65, № 5. – S. 1429–1439.
94. Advances in Persian Walnut (*Juglans regia* L.) Breeding Strategies / K. Vahdati, M. Arab, S. Sarikhani [et al.] // Advances in Plant Breeding Strategies: Nut and Beverage Crops. – 2019.
95. Akbari, V. Fatty acid compositions and nutritional value of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars grown in Iran / V. Akbari, R. Heidari, R. Jamei // Advanced Herbal Medicine. – 2015. – Vol. 1, No. 1. – P. 36–41.

96. Akça, Y. A study on the selection of superior walnut types with lateral bud fruitfulness and maximum of nuts per cluster / Y. Akça, S. Keskin, C. Celep // IV International Walnut Symposium. – 1999. – Vol. 544. – P. 125–128.
97. Akça, Y. 'Şebin' Persian walnut / Y. Akça // Acta Horticulturae. – 2014. – No. 1050. – P. 139–142.
98. Akça, Y. Selection of late leafing, late flowering, laterally fruitful walnut (*Juglans regia* L.) types in Turkey / Y. Akça, S. Ozongun // New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. – 2004. – Vol. 32, No. 4. – P. 337–342. DOI: 10.1080/01140671.2004.951431.
99. Akca, Y. The relationship between dichogamy and yield - nut characteristics in *Juglans regia* l. / Y. Akca, S. Mehmet Sen // Acta Hortic. – 1997. – 442. – P. 215-216.
100. Analysis and correlationship of chemical components of various walnut (*Juglans regia* L.) cultivars / Zheng Y., Wu S., Wang R. [et al.] // Food Measure. – 2020. – 14. – P. 3605–3614.
101. Analysis of genetic diversity and relationships among 86 Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in Tibet using morphological traits and SSR markers / H. Wang, W. Wu, G. Pan, D. Pei // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2015. – Vol. 90, No. 5. – P. 563–570.
102. Analysis of genetic diversity in three Eastern European walnut germplasm collections / I. I. Suprun, I. V. Stepanov, K. Vahdati [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2024. – Vol. 334. – P. 113275.
103. Ancient humans influenced the current spatial genetic structure of common walnut populations in Asia / P. Pollegioni, K. Woeste, F. Chiocchini [et al.]// PLoS ONE. – 2015. – Vol. 10, No. 9. – e0135980.
104. Andriychuck, T. *Marssonina juglandis* (Lieh.) on resistant and sensitive forms of walnut / T. Andriychuck, A. Skoreiko, A. Gavriliuck // Biotehnologii avansate–realizări și perspective. – 2025. – P. 206–207.
105. Antioxidant and anti-inflammatory activities of walnut extracts / H. Song, Z. Cong, C. Wang [et al.] // Journal of Food Biochemistry. – 2022. – 46. – e14504.

106. Aradhya, M. Genetic diversity, structure and differentiation in cultivated walnut (*Juglans regia* L.) / M. Aradhya, K. Woeste, D. Velasco // VI International Walnut Symposium 861. – 2009. – P. 127–132.

107. Aradhya, M. K. Cladistic biogeography of *Juglans* (Juglandaceae) based on chloroplast DNA intergenic spacer sequences / M. K. Aradhya, D. Potter, C. J. Simon // Darwin's harvest: new approaches to the origins, evolution, and conservation of crops / eds. T. J. Motley, N. Zerega, H. Cross. — New York: Columbia University Press, 2006. — P. 143–170.

108. Aslantaş, R. Identification of superior walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in north-eastern Anatolia, Turkey / R. Aslantaş // New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. — 2006. — Vol. 34, № 3. — P. 231–237.

109. Assessment and characterization of genetic relationships of walnut (*Juglans regia* L.) genotypes by three types of molecular markers / Y. Doğan, S. Kafkas, M. Sütyemez [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2014. – Vol. 168. – P. 81–87.

110. Assessment of bacterial blight tolerance of Persian walnut based on immature nut test / A. Bandi, M. Hevesi, Z. Szani, M. Toth // Notulae Scientia Biologicae. – 2015. – Vol. 7, No. 2. – P. 253–257.

111. Assessment of genetic diversity and population structure of common walnut (*Juglans regia*) germplasm with simple sequence repeat (SSR) markers / Q. Lie, B. Liu, X. Wang [et al.] // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2025. – T. 72. – №. 2. – C. 2265-2276.

112. Assessment of germplasm diversity and genetic relationships among walnut (*Juglans regia* L.) genotypes through microsatellite markers / U. N. Shah, J.I. Mir, N. Ahmed, K.M. Fazili. // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. – 2018. – Vol. 17, No. 4. – P. 339–350.

113. Assessment of total fat and fatty acids in walnuts using near-infrared hyperspectral imaging / J. Nogales-Bueno, B. Baca-Bocanegra, J. M. Hernández-Hierro [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2021. – 12. – 729880.

114. Avanzato, D. Traditional and modern uses of walnut / D. Avanzato // VI International Walnut Symposium. – 2010. – Vol. 861. – P. 89–96. DOI: 10.17660/ActaHortic.2010.861.11.
115. Baby, J. Molecular markers for harnessing heterosis / J. Baby, T. Thomas, T. Dennis Thomas // Molecular Marker Techniques: A Potential Approach of Crop Improvement. – Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. – P. 1–24.
116. Bai, W.-N. Nuclear and chloroplast DNA phylogeography reveal two refuge areas with asymmetrical gene flow in a temperate walnut tree from East Asia / W.-N. Bai, W.-J. Liao, D.-Y. Zhang // New Phytologist. – 2010. – Vol. 188, No. 3. – P. 892–901.
117. Banel, D. K. Effects of walnut consumption on blood lipids and other cardiovascular risk factors: a meta-analysis and systematic review / D. K. Banel, F. B. Hu // The American Journal of Clinical Nutrition. – 2009. – Vol. 90, No. 1. – P. 56–63.
118. Bernard, A. Analysis of genetic diversity and structure in a worldwide walnut (*Juglans regia* L.) germplasm using SSR markers / A. Bernard, T. Barreneche, F. Lheureux, E. Dirlewanger // PLoS ONE. – 2018. – Vol. 13, I. 11. – e0208021. DOI: 10.1371/journal.pone.0208021.
119. Bertin, R. I. Dichogamy in angiosperms / R. I. Bertin, C. M. Newman // Botanical Review. – 1993. – Vol. 59, No. 2. – P. 112–152.
120. Binici, H. İ. Nutritional composition and health benefits of walnut and its products / H. İ. Binici, G. Şat, E. Aoudeh // Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. – 2021. – Vol. 52, No. 2. – P. 224–230.
121. Bioactive properties and chemical composition of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars / J. A. Pereira, I. Oliveira, A. Sousa [et al.] // Food and chemical toxicology. – 2008. – 46(6). – P. 2103–2111.
122. Biochemical and bioactive content in fruits of walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from Turkey / Ü. Erdoğan, S. Argin, M. Turan [et al.] // Fresenius Environmental Bulletin. – 2021. – Vol. 30, No. 6A. – P. 6713–6727.
123. Bîrsanu, M. Effect of climatic conditions on flowering of walnut genotypes in Romania / M. Bîrsanu, S. N. Cosmulescu // Journal of Nuts. – 2017. – Vol. 8, No. 2. – P. 161–167.

124. Bujdosó, G. The Persian (English) walnut (*Juglans regia* L.) assortment of Hungary: Nut characteristics and origin / G. Bujdosó, K. Cseke // *Scientia Horticulturae*. – 2021. – Vol. 283. – P. 110035.
125. Cambria, D. Application of a life cycle assessment to walnut tree (*Juglans regia* L.) high quality wood production: a case study in southern Italy / D. Cambria, D. Pierangeli // *Journal of Cleaner Production*. – 2012. – Vol. 23, No. 1. – P. 37–46.
126. Characterisation of *Juglans regia* L. with SSR markers and evaluation of genetic relationships among cultivars and the 'Sorrento' landrace / I. Foroni, R. Rao, K. Woeste, M. Gallitelli // *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. – 2005. – 80(1). – P. 49-53.
127. Characterization of 14 microsatellite markers for genetic analysis and cultivar identification of walnut / G. S. Dangl, K. Woeste, M. K. Aradhya, [et al.] // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. – 2005. – Vol. 130, No. 3. – P. 348–354.
128. Characterization of walnut oils (*Juglans regia* L.) from Asturias, Spain / J. C. Bada, M. León-Camacho, M. Prieto [et al.] // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. – 2010. – Vol. 87, No. 12. – P. 1469–1474.
129. Chemical composition of walnuts from three regions in China / M. Liu, X. Wang, Y. Zhang [et al.] // *Oil Crops Science*. – 2023 – V. 8 (1). – P. 56-60.
130. Chemical compositions of walnut (*Juglans regia* L.) oils from different cultivated regions in China / P. Gao, J. Jin, R. Liu [et al.] // *Journal of the American Oil Chemists' Society*. – 2018. – 95(7). – 825-834.
131. Chemical compositions of walnut (*Juglans Spp.*) oil: Combined effects of genetic and climatic factors / H. Yang, X. Xiao, J. Li [et al.] // *Forests*. – 2022. – Vol. 13, No. 6. – P. 962.
132. Chemometrics analysis on the content of fatty acid compositions in different walnut (*Juglans regia* L.) varieties / Q. Li, R. Yin, Q. R. Zhang [et al.] // *European Food Research and Technology*. – 2017. – 243. – P. 2235-2242.
133. Chilling and forcing requirements for foliage bud burst of European beech (*Fagus sylvatica* L.) differ between provenances and are phenotypically plastic / K.

Kramer, A. Ducouso, D. Gömöry [et al.] // *Agricultural and Forest Meteorology*. – 2017. – Vol. 234. – P. 172–181. DOI: 10.1016/j.agrformet.2016.12.002.

134. Chmielewski, F.-M. Response of tree phenology to climate change across Europe / F.-M. Chmielewski, T. Rötzer // *Agricultural and Forest Meteorology*. – 2001. – Vol. 108. – P. 101–112.

135. Colonization of dormant walnut buds by *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* is predictive of subsequent disease / S. Lindow, W. Olson, R. Buchner [et al.] // *Phytopathology*. – 2014. – Vol. 104, No. 11. – P. 1163–1174.

136. Comparative analysis Crimean, Moldavian and Kuban Persian walnut collections genetic variability by SSR-markers / I. Balapanov, I. Suprun, I. Stepanov [et al.] // *Scientia Horticulturae*. – 2019. – Vol. 253. – P. 322–326. DOI: 10.1016/j.scienta.2019.04.014.

137. Comparative pomological and biochemical characterization of indigenous walnut (*Juglans regia*) genotypes from temperate region / J. I. Mir, M. Irfan, U. Rashid [et al.] // *Applied Fruit Science*. – 2025. – Vol. 67, No. 3. – P. 119.

138. Comparative study of ancient sedimentary DNA, pollen and macrofossils from permafrost sediments of northern Siberia reveals long-term vegetational stability / T. Jørgensen, J. Haile, P. E. Möller [et al.] // *Molecular Ecology*. – 2012. – Vol. 21. – P. 1989–2003.

139. Comparative study of the nutritional and bioactive compounds content of four walnut (*Juglans regia* L.) cultivars / M. I. Tapia, J. R. Sánchez-Morgado, J. García-Parra [et al.] // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2013. – 31(2). – P. 232–237.

140. Composite core set construction and diversity analysis of Iranian walnut germplasm using molecular markers and phenotypic traits / R. Mahmoodi, M. R. Dadpour, D. Hassani [et al.] // *PLoS ONE*. – 2021. – Vol. 16, Issue 3.

141. Composition of fatty acids, triacylglycerols and polar compounds of different walnut varieties (*Juglans regia* L.) from Tunisia / I. Bouabdallah, I. Bouali, E. Martínez-Force [et al.] // *Natural Product Research*. – 2014. – 28(21). – P. 1826–1833.

142. Cosmulescu, S. Walnut biodiversity in south-western Romania-resource for perspective cultivars / S. Cosmulescu, M. Botu // Pakistan Journal of Botany. – 2012. – Vol. 44. – P. 307–311.

143. Description of two promising walnut (*Juglans regia* L.) selections with lateral bud fruitfulness and large nuts / I. Manthos, D. Rouskas, T. Sotiropoulos, M. Botu // Horticulturae. – 2023. – Vol. 9, Issue 7. – P. 820.

144. Determination and characterization of kernel biochemical composition and functional compounds of Persian walnut oil / S. M. T. Gharibzahedi, S. Mousavi, M. Hamed, F. Khodaiyan // Journal of Food Science and Technology. – 2014. – Vol. 51, No. 1. – P. 34–42.

145. Determination of sterol and fatty acid compositions, oxidative stability, and nutritional value of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars grown in Portugal / J. S. Amaral, S. Casal, J. A. Pereira [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2003. – Vol. 51, No. 26. – P. 7698–7702.

146. Determination of the genetic diversity of walnut (*Juglans regia* L.) cultivar candidates from Northeastern Turkey using SSR markers / M. R. Bozhuyuk, S. Ercisli, E. Orhan, A. Koc // MITTEILUNGEN KLOSTERNEUBURG. – 2020. – №70. – P.269-277.

147. Development and characterization of new microsatellites for walnut (*Juglans regia*) / Z. Y. Zhang, J. W. Han, Q. Jin [et al.] // Genetics and Molecular Research. – 2013. – Vol. 12, No. 4. – P. 4723–4734.

148. Development of a core collection in Iranian walnut (*Juglans regia* L.) germplasm using the phenotypic diversity / R. Mahmoodi, M. Dadpour, D. Hassani [et al.]// Scientia Horticulturae. – 2019. – V. 249. – P. 439-448.

149. Differentiation of walnut hybrids (*Juglans nigra* L. × *Juglans regia* L.) through RAPD markers / M. Emilia, M. Spada, I. Beritognolo [et al.]// III International Walnut Congress. – 1995. – Vol. 442. – P. 43–52.

150. Distribution of *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* and *Alternaria* species-groups populations associated with brown apical necrosis at different

phenological stages of walnut trees / M.J. Marangi C. V. Temperini, M. Greco [et al.] // European Journal of Plant Pathology. – 2024. – T. 168. – №. 1. – C. 83-95.

151. Du Junmin, C. Y. The analysis of fat characteristics of 12 walnut cultivars in Shanxi Province / C. Y. Du Junmin, C. Y. Chang YueMei, L. Y. C Liu YingCui // Acta Hortic. – 2014. – 1050. – 285-290.

152. Ducci, F. Protezione delle risorse genetiche di *Juglans regia* L / F. Ducci, A. Rogatis, R. Proietti // Annali dell'Istituto Sperimentale per la Selvicoltura. – 1997. – Vol. 25, № 26. – P. 35–55.

153. Ebrahimi, A. Analysis of genetic diversity among some Persian walnut genotypes (*Juglans regia* L.) using morphological traits and SSRs markers / A. Ebrahimi, R. Fatahi, Z. Zamani // Scientia Horticulturae. – 2011. – Vol. 130, No. 1. – P. 146–151.

154. Effect of walnut consumption on neuropsychological development in healthy adolescents: a multi-school randomised controlled trial / A. Pinar-Martí, F. Gignac, S. Fernández-Barrés [et al.] // EClinicalMedicine. – 2023. – Vol. 59.

155. Einollahi, F. Morphological and pomological assessments of seedling-originated walnut (*Juglans regia* L.) trees to select the promising late-leaving genotypes / F. Einollahi, A. Khadivi // BMC Plant Biology. – 2024. – Vol. 24, No. 1. – P. 253.

156. Eskandari, S. Investigation on genetic diversity of Persian walnut and evaluation of promising genotypes / S. Eskandari, D. Hassani, A. Abdi // Acta Horticulturae. – 2005. – No. 705. – P. 159–166.

157. Estimation of biochemical properties of walnuts from the region of Suceava-Romania / A. Leahu, C. Damian, M. Oroian [et al.] // Food and Environment Safety Journal. – 2016. – Vol. 12, No. 2.

158. Estimation of genetic relation between Kuban and Crimean walnut cultivars by microsatellite markers / I. M. Balapanov, I. I. Suprun, S. V. Tokmakov [et al.] // Systems Biology and Bioinformatics: The Ninth International Young Scientists School SBB-2017. Abstracts, Yalta, 25–30 июня 2017 года – P. 13-14.

159. Evaluating walnut (*Juglans spp.*) for resistance to walnut blight and comparisons between artificial inoculation assays and field studies / S. Jiang, S. Han, D.

He [et al.] // Australasian Plant Pathology. – 2019. – Vol. 48. – P. 221–231. DOI: 10.1007/s13313-019-0621-0.

160. Evaluation of hazelnut and walnut oil chemical traits from conventional cultivars and native genetic resources in a non-traditional crop environment from Argentina / Cittadini, M.C., Martín, D., Gallo, S. [et al.]// Eur Food Res Technol. – 2020. –246. – P. 833–843.

161. Evaluation of walnut cultivars in the conditions of the Oltenia's hill area regarding functioning potential / M. Botu, M. Tudor, I. Botu [et al.]// Analele Universitatii din Craiova Biol Hort Tehnolo prelucrarii produselor agricole. Ingineria Mediulu. – 2010. –V. 15. – 94-103.

162. Evanno, G. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study / G. Evanno, S. Regnaut, J. Goudet // Mol. Ecol.– 2005. – Vol. 14(8). – P. 2611-2620. DOI 10.1111/j.1365-294X.2005. 02553.x

163. Exploration of walnut components and their association with health effects. / Z. J. Ni, Y. G. Zhang, S. X. Chen [et al.] // Critical reviews in food science and nutrition – 2021. – Vol. 62, No. 19. – P. 5113–5129.

164. FAO. Statistical Yearbook "World Food and Agriculture" - 2023 [Electronic resource] // Food and Agriculture Organization of the United Nations.URL: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc8166en> (дата обращения: 10.11.2024).

165. Fat, fatty acids and tocopherol content of several walnut genotypes / O. Beyhan, A. Ozcan, H. Ozcan [et al.] // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. – 2017. – Vol. 45, No. 2. – P. 437–441.

166. Fatty acid, total phenol and tocopherol profiles of some walnut cultivars: A comparative study / E. Kafkas, A. Burgut, H. Ozcan [et al.] // Food and Nutrition Science. – 2017. – Vol. 8. – P. 1074–1084. – DOI: 10.4236/fns.2017.812079.

167. First simple sequence repeat-based genetic linkage map reveals a major QTL for leafing time in walnut (*Juglans regia* L.) / S. Kefayati, A. S. Ikhsan, M. Sütyemez [et al.] // Tree Genetics & Genomes. – 2019. – Vol. 15. – P. 1–12.

168. Fruit quality properties of walnut (*Juglans regia* L.) genetic resources in Montenegro / V. Jaćimović, M. Adakalić, S. Ercisli [et al.] // Sustainability. – 2020. – Vol. 12, Issue 23. – P. 9963.
169. Gender specialization and factors affecting fruit set of the wind-pollinated heterodichogamous *Juglans regia* / G. X. Cao, R. T. Li, L. Li [et al.] // Plant Species Biology. – 2020. – 35(2). – P. 138-146
170. Genetic and ecological insights into glacial refugia of walnut (*Juglans regia* L.) / M. Aradhya, D. Velasco, Z. Ibrahimov [et al.] // PLoS ONE. – 2017. – Vol. 12.
171. Genetic diversity among some walnut (*Juglans regia* L.) genotypes by SSR markers / M. Guney, S. Kafkas, H. Keles, [et al.] // Sustainability. – 2021. – 13(12). – P. 6830.
172. Genetic diversity and genetic structure analysis of walnut germplasm resources based on SSR markers / R. A. Shah, L. Yan, H. Chuanming, S. Chao [et al.] // Northern Horticulture. – 2022. – No. 9. – P. 47–54.
173. Genetic Diversity and Population Structure Analysis of Drought Tolerance in Walnut (*Juglans regia* L.) Using SSR Markers / A. Taheri, N. Seyedi, B. Abdollahi Mandoulakani [et al.] // Plant Molecular Biology Reporter. – 2026. – Vol. 44, No. 5.
174. Genetic diversity and structure of Persian walnut (*Juglans regia* L.) in Pakistan: implications for conservation / E. A. Magige, P. Z. Fan, M. C. Wambulwa [et al.] // Plants. – 2022. – Vol. 11, Issue 13. – P. 1652.
175. Genetic diversity and structure of superior spring frost tolerant genotypes of Persian walnut (*Juglans regia* L.) in East Azerbaijan province of Iran, characterized using inter simple sequence repeat (ISSR) markers / H. Abbasi, J. H. Mohammadzadeh, R. Mohammadi, B. Panahi // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2023. – Vol. 70, No. 2. – P. 539–548.
176. Genetic diversity detection of seed-propagated walnut (*Juglans regia* L.) germplasm from Eastern Anatolia using SSR markers / E. Orhan, S. Eydurhan, D. Poljuha [et al.] // Folia Horticulturae. – 2020. – Vol. 32, Issue 1.

177. Genetic diversity of Persian walnut (*Juglans regia*) in the cold-temperate zone of the United States and Europe / A. Ebrahimi, A. Zarei, J. R. McKenna [et al.] // *Scientia Horticulturae*. – 2017. – Vol. 220. – P. 36–41.
178. Genetic diversity of walnut (*Juglans regia* L.) and Its Sustainable Utilization / R. Shah, H. Itoo, P. Bakshi [et al.] // *Genetic Diversity of Fruits and Nuts*. – CRC Press, 2025. – P. 329-357.
179. Genetic diversity of walnut (*Juglans regia* L.) seedlings through SSR markers in north-western Himalayan region of Jammu / R. A. Shah, P. Bakshi, A. Jasrotia [et al.] // *Bangladesh Journal of Botany*. – 2020. – Vol. 49, No. 4. – P. 1003–1012.
180. Genetic variation in walnuts (*Juglans regia* and *J. sigillata*; Juglandaceae): species distinctions, human impacts, and the conservation of agrobiodiversity in Yunnan, China / B. F. Gunn, M. Aradhya, J. M. Salick [et al.] // *American Journal of Botany*. – 2010. – Vol. 97, No. 4. – P. 660–671.
181. Genomic Variation Among and Within Six *Juglans* Species / K. Stevens, K. Woeste, S. Chakraborty [et al.] // *G3: Genes|Genomes|Genetics*. – 2018. – Vol. 8. – P. 2153–2165. – DOI: 10.1534/g3.118.200030.
182. Germain, E. Divers aspects de la biologie florale du noyer / E. Germain, J. Jalinat, M. Marchou // *Le noyer*. – 1975. – P. 187.
183. Germain. E. Inheritance of late leafing and lateral bud fruitfulness in walnut (*Juglans regia* L.). Phenotypic correlations among some traits of the trees / E. Germain // *Acta Horticulturae*. — 1990. — № 284. — P. 125–134.
184. Ghasemi, M. Evaluation and identification of walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in Markazi province of Iran / M. Ghasemi, K. Arzani, D. Hassani // *Crop Breeding Journal*. – 2012. – Vol. 2, No. 2. – P. 119–124.
185. Giorgi, F. M. The R language: an engine for bioinformatics and data science / F. M. Giorgi, C. Ceraolo, D. Mercatelli // *Life*. – 2022. – Vol. 12, No. 5. – P. 648.
186. Gleeson, S. K. Heterodichogamy in walnuts: inheritance and stable ratios / S. K. Gleeson // *Evolution*. – 1982. – P. 892–902.

187. Hakimi, Y. Morphological, pomological, and biochemical evaluation of several superior walnut (*Juglans regia* L.) genotypes / Y. Hakimi, Z. Taheri, A. Rahmani // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2024. – Vol. 71, No. 7. – P. 3361–3381.

188. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis / Ø. Hammer, D.A.T. Harper, P.D. Ryan // Palaeontol. Electron. – 2001. – Vol. 4(1). P. 1-9

189. Hemery, G. Height growth and flushing in common walnut (*Juglans regia* L.) / G. Hemery, P. S. Savill, A. Thakur // Forestry. – 2005. – Vol. 78, Issue 2. – P. 121–133. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpi012>.

190. Identification and quantification of biochemical composition and antioxidant activity of walnut pollens / V. Okatan, I. Bulduk, B. Kaki [et al.] // Pakistan Journal of Botany. – 2021. – Vol. 53, No. 6.

191. Identification and quantification of phenolic compounds in kernels, oil and bagasse pellets of common walnut (*Juglans regia* L.) / A. Slatnar, M. Mikulič-Petkovšek, F. Stampar [et al.] // Food Research International. – 2015. – Vol. 67. – P. 255–263.

192. Identification of a walnut (*Juglans regia* L.) germplasm collection and evaluation of their genetic variability by microsatellite markers / L. Ruiz-Garcia, G. Lopez-Ortega, A. F. Denia, D. F. Tomas // Spanish Journal of Agricultural Research. – 2011. – 9(1). – P. 179-192.

193. Identification of genetic diversity among *Juglans regia* L. genotypes using molecular, morphological, and fatty acid data / E. Yildiz, H. Pinar, A. Uzun [et al.] // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2021. – Vol. 68. – P. 1425–1437.

194. Identification of major walnut cultivars grown in China based on nut phenotypes and SSR markers / L. Chen, Q. Ma, Y. Chen [et al.] // Scientia Horticulturae. – 2014. – Vol. 168. – P. 240–248.

195. Identification of superior walnut (*Juglans regia*) genotypes with late leafing and high kernel quality in Iran / A. Ebrahimi, A. Khadivi-Khub, Z. Nosrati, R. Karimi // Scientia Horticulturae. – 2015. – Vol. 193. – P. 195–201.

196. *Juglans regia* as urban trees: genetic diversity and walnut kernel quality assessment / A. M. Tenche-Constantinescu, D. V. Lalescu, S. Popescu [et al.] //

Horticulturae. – 2024. – Vol. 10, Issue 10. – P. 1027. DOI: 10.3390/horticulturae10101027.

197. Karadağ, H. Phenological and pomological properties of promising walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from selected native population in Amasya Province / H. Karadağ, Y. Akça // African Journal of Biotechnology. – 2011. – Vol. 10.– P. 16963-16968.

198. Kavosi, H. The selection of superior late-leaving genotypes of Persian walnut (*Juglans regia* L.) among seedling originated trees based on pomological characterizations / H. Kavosi, A. Khadivi // Scientia Horticulturae. – 2021. – Vol. 288. – e110299.

199. Khadivi, A. Superior spring frost resistant walnut (*Juglans regia* L.) genotypes identified among mature seedling origin trees / A. Khadivi, A. Montazeran, P. Yadegari // Scientia Horticulturae. – 2019. – Vol. 253. – P. 147–153.

200. Kömür Y. K. Characterization of walnut (*Juglans regia* L.) hybrid genotypes; fatty acid composition, biochemical properties and nutrient contents / Y. K. Kömür, O. Karakaya, M. Sütyemez // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2024. – T. 71. – №. 6. – C. 2965-2985.

201. Koutecký, P. MorphoTools: a set of R functions for morphometric analysis / P. Koutecký // Plant Systematics and Evolution. – 2015. – T. 301. – №. 4. – C. 1115-1121.

202. Kumar A. Selection of homogamous walnut from seedling plantation in South Kashmir / A. Kumar // Indian Journal of Plant Genetic Resources. – 2016. – T. 29. – №. 1. – C. 59-65. 10.17660/ActaHortic.2001.544.9

203. Kumar, A. Heritability estimates and correlation studies in homogamous walnut (*Juglans regia* L.) accessions from South Kashmir. / A. Kumar, I. Ahad, E. Shahnaz // International Journal of Minor Fruits, Medicinal and Aromatic Plants– 2020.– Vol.6(2). – P. 36-44.

204. Landscape genetics of Persian walnut (*Juglans regia* L.) across its Asian range / P. Pollegioni, K. Woeste, F. Chiocchini [et al.] // Tree Genetics & Genomes. – 2014. – Vol. 10. – P. 1027–1043.

205. Late Miocene to Early Pliocene vegetation of southern Europe (7–4 Ma) as reflected in the megafossil plant record / J. Kovar-Eder, Z. Kvaček, E. Martinetto, P. Roiron // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2006. – Vol. 238, Issues 1–4. – P. 321–339. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2006.03.031>.
206. «Liaoning 1» walnut cultivar / B. Zhao, F. Liu, Y. Gong [et al.] // *HortScience*. – 2020. – T. 55. – №. 3. – C. 392-394.
207. Long-term effects of increased dietary polyunsaturated fat from walnuts on metabolic parameters in type II diabetes / L. C. Tapsell, M. J. Batterham, G. Teuss [et al.] // *European Journal of Clinical Nutrition*. – 2009. – Vol. 63, No. 8. – P. 1008–1015. DOI: 10.1038/ejcn.2009.19.
208. Manthos, I. Introduction of a new interesting walnut cultivar “Leto” / I. Manthos, D. Rouskas // *Plants*. – 2021. – T. 10. – №. 12. – C. 2738.
209. Martinez, M. L. Comparative study of triacylglycerol content in nuts / M. L. Martinez, D. M. Maestri // *European Journal of Lipid Science and Technology*. – 2008. – Vol. 110, No. 12. – P. 1183–1189. DOI: 10.1002/ejlt.800121.
210. Martins, J. M. S. Bacterial blight of walnut: a strategy for research / J. M. S. Martins // *III International Walnut Congress 442*. – 1995. – P. 351–356. DOI: 10.17660/ActaHortic.1997.442.55.
211. McGranahan, G. Walnuts (*Juglans*) / G. McGranahan, C. A. Leslie // *Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops*. – 1991. – Acta Hort. 290. – P. 907–951.
212. Microsatellite fingerprinting and evaluation of genetic relationship for new perspective walnut genotypes from Nikita Botanical Gardens / S. Khokhlov, Yu. Pluganar, I. Suprun, S. Tokmakov // *Acta Horticulturae*. – 2025. – No. 1420. – P. 49-54.
213. Mitrovic, M. Biochemical composition of fruits of some important walnut cultivars and selections / M. Mitrovic, M. Stanisavljevic, J. Gavrilovic-Danjanovic // *III International Walnut Congress 442*. – 1995. – C. 205-208.
214. Modified walnut shell filter material for enhanced removal of oil from oilfield wastewater / X. Yin, J. Zhang, X. Wang, M. Zhu // *Environmental Engineering Research*. – 2021. – Vol. 26, No. 1.

215. Molecular characterization of Persian walnut populations in Iran with microsatellite markers / R. Karimi, A. Ershadi, K. Vahdati, K. Woeste // HortScience. – 2010. – Vol. 45, No. 9. – P. 1403–1406.
216. Molecular phylogeny of Juglans (Juglandaceae): a biogeographic perspective / M. K. Aradhya, D. Potter, F. Gao, C. J. Simon // Tree Genetics & Genomes. – 2007. – Vol. 3, No. 4. – P. 363–378.
217. Moragrega, C. Effects of leaf wetness duration, temperature, and host phenological stage on infection of walnut by *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* / C. Moragrega, I. Llorente // Plants. – 2023. – Vol. 12, No. 15. – P. 2800.
218. Morphological variation among Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from central Iran / K. Arzani, H. Mansouri-Ardakan, A. Vezvaei, M. R. Roozban // New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. – 2008. – Vol. 36, No. 1. – P. 159–168.
219. Mudasir, H. Anthracnose disease of walnut – a review / H. Mudasir, A. Khurshid // International Journal of Environmental Agric Biotechnology. – 2017. – Vol. 2, No. 5. – P. 2319–2327.
220. Mukuddem-Petersen, J. Effects of long-term walnut consumption on cardiovascular risk factors / J. Mukuddem-Petersen // The Journal of Nutrition. – 2005. – Vol. 135. – P. 2082–2089.
221. Murray, M. G. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA / M. G. Murray, W. Thompson // Nucleic acids research. – 1980. – 8(19). – P. 4321–4326.
222. Nguyen, T. H. A review on phytochemical composition and potential health-promoting properties of walnuts / T. H. Nguyen, D. C. Vu // Food Reviews International. – 2023. – Vol. 39, No. 1. – P. 397–423.
223. Novel 307 polymorphic SSR markers from BAC-end sequences in walnut (*Juglans regia* L.): effects of motif types and repeat lengths on polymorphism and genetic diversity / A. S. Ikhsan, H. Topçu, M. Sütyemez, S. Kafkas // Scientia Horticulturae. – 2016. – Vol. 213. – P. 1–4.

224. Opportunities for improving leaf water use efficiency under climate change conditions / J. Gago, C. Douthe, I. Florez-Sarasa // Plant Science. – 2014. – 226. – P. 108-119.
225. Peakall, R. GenALEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update / R. Peakall, P.E. Smouse // Bioinformatics. – 2012. Vol. 28(19). – P. 2537-2539.
226. Phenolic and fatty acid profile, and protein content of different walnut cultivars and genotypes (*Juglans regia* L.) grown in the USA / E. Kafkas, S. H. Attar, M. A. Gundesli [et al.] // International Journal of Fruit Science. – 2020. – Vol. 20. – P. S1711–S1720. – DOI: 10.1080/15538362.2020.1830014.
227. Phenolic compounds, antioxidant activity, fatty acids and volatile profiles of 18 different walnut (*Juglans regia* L.) cultivars and genotypes / V. Okatan, M. A. Gündeşli, N. E. Kafkas [et al.] // Erwerbs-Obstbau. – 2022. – Vol. 64. – P. 247–260.
228. Phenolic response to walnut anthracnose (*Ophiognomonia leptostyla*) infection in different parts of *Juglans regia* husks, using HPLC-MS/MS / A. Medic, A. Solar, M. Hudina, R. Veberic // Agriculture. – 2021. – Vol. 11, Issue 7. – P. 659.
229. Phenological and pomological characterization of Persian walnut to select promising trees / A. Khadivi-Khub, A. Ebrahimi, F. Sheibani, A. Esmaeili // Euphytica. – 2015. – Vol. 205, No. 2. – P. 557–567.
230. Phenological characteristics of walnut (*Juglans regia* L.) genotypes under environmental conditions of Karaj in Iran / A. Soleimani, V. Rabiei, D. Hassani, M. R. Mozaffari // Crop Breeding Journal. – 2019. – Vol. 9, No. 2. – P. 11–22.
231. Phenotypic and pomological diversity of selected native walnut (*Juglans regia*) populations: implications for breeding and cultivation programs / N. Chatrabnous, K. Arzani, S. Sarikhani, [et al.] // Euphytica. – 2024. – 220. – P. 98.
232. Phenotypic evaluation and identification of superior Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes in Mazandaran Province, Iran / M. Kouhi, A. Rezaei, D. Hassani [et al.] // Journal of nuts. – 2020. – V. 11(4). – P. 315-326.

233. Phylogeny and divergence time estimation of the walnut family (Juglandaceae) based on nuclear RAD-Seq and chloroplast genome data / X. Mu, L. Tong, M. Sun [et al.] // Molecular Phylogenetics and Evolution. – 2020. – Vol. 147. – e106802.
234. Physico-chemical characterization of some walnut fruits collected in 2018 from University of Craiova / M. Bizera, S. Giura, A. Scutelnicu [et al.] // Current Trends in Natural Sciences. – 2019. – Vol. 8. – P. 169–178.
235. Phytochemical composition and antioxidant activity of some superior walnut (*Juglans regia* L.) genotypes / Z. Davarkhah, M. HosseiniFarahi, M. Radi [et al.] // Genet Resour Crop Evol. – 2025. – T. 72 (2). – P. 2031-2019.
236. Poggetti, L. Yield and wood quality assessment under climate change scenarios / L. Poggetti, C. Ferfuaia, C. Chiabà // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2017. – Vol. 98, Issue 3. – P. 955–962.
237. Pollegioni, P. Characterization of *Juglans nigra* (L.), *Juglans regia* (L.) and *Juglans x intermedia* (Carr.) by SSR markers: a case study in Italy / P. Pollegioni // Silvae Genet. – 2009. – T. 58. – №. 1-6. – C. 68-78.
238. Poulouse, S. M. Role of walnuts in maintaining brain health with age / S. M. Poulouse, M. G. Miller, B. Shukitt-Hale // The Journal of Nutrition. – 2014. – Vol. 144, No. 4. – P. 561S–566S. DOI: 10.3945/jn.113.184838.
239. Prasad, R. B. N. Walnuts and pecans / R. B. N. Prasad // Encyclopedia of Food Science, Food, Technology and Nutrition. – 1994. – P. 4828–4831.
240. Quality evaluation of walnuts from different regions in China / X. Ma, W. Wang, C. Zheng [et al.] // Foods. – 2023. – № 12(22). – P. 4123.
241. Recent development in the application of walnut processing by-products (walnut shell and walnut husk) / S. Fordos, N. Abid, M. Gulzar [et al.] // Biomass Conversion and Biorefinery. – 2023. – Vol. 13, Iss. 16. – P. 14389–14411.
242. Retamales, J. Characterization of *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* bacteriophages against bacterial walnut blight and field evaluation / J. Retamales, P. Núñez, R. Alvarado [et al.] // Viruses. – 2022. – Vol. 14, Issue 7. – P. 1380. DOI: 10.3390/v14071380.

243. Rethinking the history of common walnut (*Juglans regia* L.) in Europe: its origins and human interactions / P. Pollegioni, K. Woeste, F. Chiocchini [et al.] // PLoS ONE. – 2017. – Vol. 12. – e0172541.
244. Rodriguez, R. Walnut (*Juglans spp.*) / R. Rodriguez // Biotechnology in Agriculture and Forestry. Trees II. – Berlin: Springer-Verlag, 1989. – Vol. 5. – P. 183–200. DOI: 10.1007/978-3-642-61535-1_7.
245. Rong-Ting, X. Discussion on the origin of walnut in China / X. Rong-Ting // In: I International Symposium on Walnut Production 284. – 1989. – P. 353–362.
246. Ros, E. Beneficial effects of walnut consumption on human health: role of micronutrients / E. Ros, M. Izquierdo-Pulido, A. Sala-Vila // Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care. – 2018. – Vol. 21. – P. 498–504.
247. Sabaté, J. Almonds, walnuts, and serum lipids / J. Sabaté, D. G. Hook // Handbook of Lipids in Human Nutrition. – 2020. – P. 137–144.
248. Sarikhani, S. Biochemical properties of superior Persian walnut genotypes originated from Southwest of Iran / S. Sarikhani, K. Vahdati, W. Ligterink // International Journal of Horticultural Science and Technology. – 2021. – Vol. 8, No. 1. – P. 13–24.
249. Savage, G. P. Chemical composition of walnuts (*Juglans regia* L.) grown in New Zealand / G.P. Savage // Plant foods for human nutrition. – 2001. – T. 56. – №. 1. – C. 75-82.
250. Selection of superior Persian walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from seedling-originated trees in the North-Western Himalayan region based on morphological characterization using multivariate analysis / M. Ahir, J. K. Chauhan, D. P. Sharma [et al.] // The Science of Nature. – 2025. – Vol. 112, No. 6. – P. 83.
251. Shah, U. N. Bioefficacy potential of different genotypes of walnut *Juglans regia* L. / U. N. Shah, J. I. Mir, N. Ahmed // Journal of Food Science and Technology. – 2018. – Vol. 55. – P. 605–618.
252. Shifts in walnut (*Juglans regia* L.) phenology due to increasing temperatures in Slovenia / Z. Črepinšek, M. Solar, F. Štampar, A. Solar // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. – 2009. – Vol. 84(1). – P. 59-64.

253. Simopoulos, A. P. Health effects of eating walnuts / A. P. Simopoulos // Food Reviews International. – 2004. – Vol. 20, No. 1. – P. 91–98.
254. Simsek, M. Selection of walnut types with high fruit-bearing capacity and quality in Sanliurfa population / M. Simsek // Ratio Agrie. – 2010. – Vol. 1.
255. Situation and recent trends on cultivation and breeding of Persian walnut in Iran / D. Hassani, S. Sarikhani, R. Dastjerdi [et l.]// Scientia Horticulturae. – 2020. – Vol. 270. – P. 109369.
256. Solar, A. The degree of heterodichogamy of some walnut cultivars (*Juglans regia* L.) in Slovenia / A. Solar, F. Štampar, J. Smole // III International Walnut Congress 442. – 1995. – P. 217–224.
257. Soltani, J. Genetic resistance to bacterial blight disease in Persian walnut / J. Soltani, A. A. Aliabadi // European Journal of Plant Pathology. – 2010. – Vol. 128. – P. 65–70.
258. Soveili, S. Selecting the superior late-leafing genotypes of Persian walnut (*Juglans regia* L.) using morphological and pomological evaluations / S. Soveili, A. Khadivi // BMC Plant Biology. – 2023. – Vol. 23. – P. 379.
259. Stanford, A. M. Phylogeny and biogeography of Juglans (Juglandaceae) based on matK and ITS sequence data / A. M. Stanford, R. Harden, C. R. Parks // American Journal of Botany. – 2000. – Vol. 87, No. 6. – P. 872–882.
260. Suprun, I. Analysis of genetic diversity and relationships of local walnut populations in the western Caspian region of the North Caucasus / I. Suprun, I. Stepanov, D. Anatov // Horticulturae. – 2025. – Vol. 11, No. 1. – P. 65.
261. Susceptibility of species of Juglans to pathovars of Xanthomonas campestris / A. Belisario, A. Zoina, L. Pezza, L. Luongo // European Journal of Forest Pathology. – 1999. – Vol. 29. – P. 75–80.
262. Sütyemez, M. ‘Helete Güneşi’, a New Walnut cultivar with late leafing, early harvest date, and superior nut traits / M. Sütyemez, Ş.B. Bükücü, A. Özcan // Agriculture. – 2021. – 11. – 991.
263. Sutyemez, M. Homogamy types of walnuts selected from Kahramanmaras, Turkey / M. Sutyemez // IV International Walnut Symposium 544. – 1999. – C. 89-92.

264. Sütyemez, M. New walnut cultivars: Maras 18, Sütyemez 1, and Kaman 1 / M. Sütyemez // HortScience. — 2016. — Vol. 51, № 10. — P. 1301–1303. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI10972-16>.
265. Sütyemez, M. Pomological and phenological description of the new ‘Bahri Koz’cultivar of walnut (*Juglans regia* L.) and its nutritional value / M. Sütyemez, Ş. B. Bükücü, A. Özcan // J Nuts. — 2022. — T. 13. — №. 2. — C. 131-139.
266. Sze-Tao, K. W. C. Walnuts (*Juglans regia* L.): Proximate composition, protein solubility, amino acid composition and in vitro digestibility / K. W. C. Sze-Tao, S. K. Sathe // Journal of the Science of Food and Agriculture. — 2000. — Vol. 80, No. 9. — P. 1393–1401.
267. Tabasum, F. Nutritional and health benefits of walnuts / F. Tabasum, S. Umbreen, Z. Syed H. // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. — 2018. — Vol. 7, No. 2. — P. 1269–127.
268. The breeding and the performance of ‘Liaoning 4’walnut cultivar / B. Zhao, F. Liu, Y. Gong [et al.]//Breeding science. — 2020. — T. 70. — №. 5. — C. 547-550.
269. The genetic diversity and introgression of *Juglans regia* L. and *Juglans sigillata* in Tibet revealed by SSR markers / H. Wang, G. Pan, Q. Ma [et al.] // Tree Genetics & Genomes. — 2015. — Vol. 11. — P. 804.
270. The identification of walnut cultivars from Nikita Botanical Gardens by SSR-markers / S. Yu. Khokhlov, E. S. Panyushkina, I. M. Balapanov [et al.] // Acta Horticulturae. — 2019. — Vol. 1242. — P. 515-520.
271. The morphology of a Walnut (*Juglans regia* L.) shoot is affected by its position in the canopy and correlated to the number and size of its fruits / D. Valdebenito, D. Farías, E. Oyanedel [et. al.] // Scientia Horticulturae. — 2017. — 220. — 303-309.
272. The phytogeographic history of common walnut in China / X. Feng, H. Zhou, S. Zulfiqar [et al.] // Frontiers in Plant Science. — 2018. — Vol. 9. — P. 1399.
273. The Productive Capacity and Quality of Several Walnut Cultivars (*Juglans regia* L.) Grown in North Oltenia, Romania / M. Botu, Y. Alabedallat, F. Bucura [et al.] // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. — 2019. — T. 47, Vol. 3. — P. 574-579.

274. Topological and spatial analysis of within-tree fruiting characteristics for walnut trees / Y.-T. Wang, B.N. Bailey, K. Fu, K. Shackel // *Scientia Horticulturae*. – 2023. – Vol. 318. – P. 112127. –

275. Transcriptome analysis of walnut (*Juglans regia* L.) embryos reveals key developmental stages and genes involved in lipid biosynthesis and polyunsaturated fatty acid metabolism / R. Huang, Y. Zhou, J. Zhang [et al.] // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2021. – Vol. 69, No. 1. – P. 377–396. DOI: 10.1021/acs.jafc.0c05598.

276. Triacylglycerol composition of walnut (*Juglans regia* L.) cultivars: characterization by HPLC-ELSD and chemometrics / J. S. Amaral, S. C. Cunha, M. R. Alves [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* – 2004. – Vol. 52, No. 26. – P. 7964–7966.

277. Tulecke, W. The walnut germplasm collection of the University of California, Davis / W. Tulecke // *Genetic Resources Conservation Program, Division of Agriculture and Natural Resources*. – 1994.

278. Validation and implementation of marker-assisted selection (MAS) for the leafing date trait in Persian walnut populations from Iran / M. Fallah, A. Paizila, H. Karci [et al.] // *Euphytica*. – 2024. – Vol. 220, No. 2. – P. 25.

279. Variability and association among some pomological and physiochemical traits in spring frost tolerant genotypes of Persian walnut (*Juglans regia* L.) and selection of genotypes with superior traits based on machine learning algorithms / B. Panahi, S. Tajaddod, H. Mohammadzadeh Jallali [et al.] // *Genetic Resources and Crop Evolution*. – 2022. – Vol. 69, No. 3. – P. 959–971.

280. Venkatachalam, M. Chemical composition of selected edible nut seeds / M. Venkatachalam, S. K. Sathe // *Journal of agricultural and food chemistry*. – 2006. – 54(13). – P. 4705-4714.

281. Verma, L. R. Diseases of Horticultural Crops-Fruits / L. R. Verma, R. C. Sharma. – New Delhi: Indus Publishing Co., 1999. – 724 p.

282. Voulgaridis, V. The walnut wood and its utilisation to high value products / V. Voulgaridis, V. G. Vassiliou // *V International Walnut Symposium 70*. – 2004. – P. 69–81.

283. Walnut (*Juglans regia*) – morphology, taxonomy, composition and health benefits / S. Z. Hussain, B. Naseer, T. Qadri [et al.] // Fruits grown in highland regions of the Himalayas: nutritional and health benefits. – Cham: Springer International Publishing, 2021. – P. 269–281.

284. Walnut grafting success and bleeding rate as affected by different grafting methods and seedling vigour / R. Rezaee, K. Vahdati, V. Grigorian, M. Valizadeh, //J. Hortic. Sci. Biotechnol. – 2008. – 83. P. 94–99.

285. Walnut polyphenolics inhibit in vitro human plasma and LDL oxidation / K. J. Anderson, S. S. Teuber, A. Gobeille [et al.] // The Journal of Nutrition. – 2001. – Vol. 131, No. 11. – P. 2837–2842.

286. Walnuts (*Juglans regia*) chemical composition and research in human health / D. Hayes, M. J. Angove, J. Tucci, C. Dennis // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2016. – Vol. 56, No. 8. – P. 1231–1241.

287. Walnuts, long-chain polyunsaturated fatty acids, and adolescent brain development: protocol for the Walnuts Smart Snack dietary intervention trial / J. Julvez, F. Gignac, S. Fernández-Barrés [et al.] // Frontiers in Pediatrics. – 2021. – Vol. 9. – P. 593847. DOI: 10.3389/fped.2021.593847.

288. Wani, A.W. Utilizing SSR Markers to Examine the Population Structure and Molecular Genetic Diversity of Walnut (*Juglans regia* L.) Genotypes in the Northwestern Himalayan Region of Jammu and Kashmir / A. W. Wani, G. I. Hassan, K. M. Bhat, // BioResources. – 2024. –Vol 19(3). – P. 4213.

289. «Xiaohe 1»: A New Walnut Cultivar with High Fruit Setting Rate of Secondary Bud Germination after the Harm of Late Frost / W. Jing, H. Qi, C. Zhang, G. Wang // HortScience. – 2020.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Сроки начала вегетации изученных гибридных форм ореха грецкого (2022-2025 гг.)

Сорт, гибридная форма	Дата начала вегетации (раскрытие почек)				
	2022	2023	2024	2025	Среднее
Родина (к)	30 мар	24 мар	30 мар	26 мар	27 мар
17-1-1	1 апр	23 мар	28 мар	27 мар	27 мар
17-1-2	1 апр	23 мар	26 мар	27 мар	27 мар
17-1-4	1 апр	22 мар	28 мар	29 мар	27 мар
17-1-11	7 апр	23 мар	31 мар	30 мар	30 мар
17-1-14	29 мар	25 мар	28 мар	27 мар	27 мар
17-1-16	4 апр	24 мар	28 мар	25 мар	28 мар
17-1-18	9 апр	1 апр	2 апр	3 апр	3 апр
17-2-5	2 апр	24 мар	28 мар	27 мар	28 мар
17-2-14	6 апр	4 апр	31 мар	29 мар	2 апр
17-2-16	8 апр	1 апр	1 апр	1 апр	2 апр
17-2-17	8 апр	1 апр	31 мар	1 апр	2 апр
17-2-20	8 апр	4 апр	31 мар	1 апр	3 апр
17-2-23	10 апр	28 мар	2 апр	1 апр	2 апр
17-2-25	7 апр	29 мар	31 мар	30 мар	1 апр
17-3-8	6 апр	25 мар	24 мар	27 мар	28 мар
17-3-11	1 апр	24 мар	28 мар	25 мар	27 мар
17-4-18	1 апр	25 мар	23 мар	30 мар	27 мар
17-5-5	11 апр	6 апр	2 апр	31 мар	4 апр
17-5-6	11 апр	4 апр	2 апр	31 мар	4 апр
17-5-8	8 апр	28 мар	25 мар	30 мар	30 мар
17-5-10	11 апр	6 апр	28 мар	2 апр	4 апр
17-5-19	6 апр	27 мар	30 мар	30 мар	31 мар
17-5-24	2 апр	27 мар	28 мар	30 мар	29 мар
17-6-6	10 апр	3 апр	30 мар	29 мар	2 апр
17-6-16	4 апр	6 апр	28 мар	29 мар	1 апр
17-6-18	10 апр	6 апр	29 мар	29 мар	3 апр
17-6-24	10 апр	27 мар	23 мар	29 мар	30 мар
13-34-23	10 апр	27 мар	27 мар	2 апр	1 апр
13-35-23	10 апр	27 мар	27 мар	27 мар	30 мар
13-42-23	10 апр	27 мар	27 мар	27 мар	30 мар
13-44-23	4 апр	30 мар	30 мар	27 мар	30 мар
13-45-23	10 апр	27 мар	27 мар	27 мар	30 мар
13-46-23	6 апр	25 мар	25 мар	2 апр	30 мар
13-48-23	1 апр	28 мар	29 мар	2 апр	30 мар
13-49-23	4 апр	29 мар	29 мар	27 мар	30 мар
13-52-23	4 апр	29 мар	29 мар	2 апр	31 мар
13-54-23	4 апр	27 мар	27 мар	27 мар	29 мар
13-55-23	5 апр	30 мар	29 мар	2 апр	1 апр
13-64-23	10 апр	27 мар	27 мар	4 апр	1 апр
13-70-23	4 апр	27 мар	27 мар	2 апр	30 мар
13-92-23	9 апр	30 мар	29 мар	4 апр	2 апр
13-102-23	8 апр	28 мар	31 мар	4 апр	2 апр

Приложение Б

Период выделения пыльцы мужскими соцветиями ореха грецкого в 2022-2025 гг.

Сорт, гибридная форма	Период выделения пыльцы мужскими соцветиями			
	2022	2023	2024	2025
Родина (к)	29.04-10.05	20.04-25.04	17.04-23.04	21.04-28.04
17-1-1	24.04-29.04	16.04-26.04	13.04-16.04	12.04-17.04
17-1-2	22.04-30.04	16.04-26.04	13.04-16.04	23.04-29.04
17-1-4	21.04-29.04	16.04-26.04	13.04-16.04	12.04-17.04
17-1-11	23. 04-29.04	15.04-26.04	13.04-16.04	23.04-29.04
17-1-14	22. 04-29.04	17.04-26.04	11.04-16.04	14.04-20.04
17-1-16	3. 05-11.05	29.04-12.05	16.04-23.04	25.04-02.05
17-1-18	3. 05-11.05	29.04-12.05	16.04-23.04	27.04-01.05
17-2-5	28.04-10.05	25.04-12.05	16.04-20.04	23.04-29.04
17-2-14	1. 05-10.05	01.05-12.05	20.04-23.04	1.05-04.05
17-2-16	6. 05-16.05	01.05-12.05	20.04-23.04	1.05-04.05
17-2-17	6.05-16.05	01.05-10.05	18.04-23.04	29.04-03.05
17-2-20	5. 05-15.05	01.05-12.05	20.04-23.04	27.04-01.05
17-2-23	7. 05-16.05	10.05-15.05	21.04-24.04	1.05-04.05
17-2-25	5. 05-15.05	01.05-12.05	18.04-23.04	24.04-29.04
17-3-8	25. 04-4.05	17.04-26.04	12.04-16.04	24.04-29.04
17-3-11	22. 04-2.05	15.04-03.05	11.04-16.04	15.04-22.04
17-4-18	23. 04-29.04	17.04-03.05	13.04-16.04	17.04-25.04
17-5-5	4. 05-12.05	03.05-12.05	21.04-23.04	29.04-3.05
17-5-6	26. 04-1.05	20.04-03.05	13.04-23.04	23.04-29.04
17-5-8	30. 04-10.05	01.05-12.05	18.04-23.04	25.04-02.05
17-5-10	27. 04-4.05	20.04-03.05	12.04-16.04	23.04-29.04
17-5-19	27. 04-10.05	17.04-26.04	13.04-16.04	17.04-25.04
17-5-24	29. 04-8.05	01.05-12.05	20.04-23.04	25.04-02.05
17-6-6	30. 04-10.05	20.04-26.04	12.04-16.04	17.04-25.04
17-6-16	21. 04-29.04	26.04-03.05	14.04-18.04	24.04-29.04
17-6-18	27. 04-5.05	29.04-12.05	20.04-23.04	25.04-02.05
17-6-24	2. 05-12.05	26.04-12.05	13.04-16.04	15.04-22.04
13-34-23	28.04-3.05	21.04-25.04	16.04-18.04	15.04-20.04
13-35-23	23.04-29.04	20.04-25.04	13.04-18.04	27.04-1.05
13-42-23	21.04-27.04	18.04-21.04	12.04-16.04	15.04-25.04
13-44-23	15.04-2.05	12.04-20.04	17.04-23.04	25.04-2.05
13-45-23	2.05-8.05	25.04-29.04	18.04-23.04	23.04-29.04
13-46-23	23.04-28.04	17.04-22.04	12.04-17.04	23.04-29.04
13-48-23	26.04-01.05	23.04-27.04	18.04-23.04	1.05-5.05
13-49-23	22.04-27.04	19.04-23.04	12.04-16.04	17.04-25.04
13-52-23	1.05-06.05	25.04-29.04	19.04-23.04	25.04-2.05
13-54-23	1.05-8.05	25.04-1.05	18.04-25.04	22.04-29.04
13-55-23	30.04-7.05	24.04-30.04	16.04-23.04	20.04-29.04
13-64-23	3.05-10.05	2.05-9.05	16.04-23.04	1.05-4.05
13-70-23	22.04-1.05	16.04-23.04	12.04-21.04	21.04-29.04
13-92-23	2.05-9.05	26.04-2.05	20.04-26.04	1.05-4.05
13-102-23	3.05-10.05	2.05-9.05	16.04-24.04	1.05-8.05

Приложение В

Периоды восприимчивости пестиков женских цветков ореха грецкого в 2022-2025 гг.

Сорт, гибридная форма	Период восприимчивости женских соцветий			
	2022	2023	2024	2025
Родина (к)	20.04-7.05	14.04-24.04	11.4-16.04	13.04-21.04
17-1-1	26. 04-18. 05	25.04-03.05	18.4-23.04	25.04-2.05
17-1-2	27. 04-16. 05	25.04-03.05	13.4-18.04	25.04-2.05
17-1-4	27. 04-16. 05	20.04-01.05	13.4-16.04	25.04-1.05
17-1-11	02.05-19. 05	24.04-03.05	13.4-23.04	27.04-1.05
17-1-14	27.04-19. 05	24.06-03.05	13.4-18.04	27.04-1.05
17-1-16	25.04-8. 05	17.04-03.05	11.4-16.04	13.04-20.04
17-1-18	26.04-10. 05	17.04-03.05	11.4-16.04	13.04-18.04
17-2-5	19.04-10. 05	14.04-26.04	11.4-16.04	13.04-21.04
17-2-14	26.04-11. 05	20.04-03.05	11.4-18.04	25.04-29.04
17-2-16	23.04-16. 05	20.04-03.05	11.4-16.04	25.04-29.04
17-2-17	29.04-16. 05	22.04-01.05	12.4-18.04	25.04-2.05
17-2-20	28.04-16. 05	24.04-01.05	12.4-18.04	25.04-2.05
17-2-23	03.05-22. 05	03.05-12.05	14.4-23.04	27.04-1.05
17-2-25	26.04-16. 05	26.04-03.05	12.4-16.04	25.04-29.04
17-3-8	05.05-25. 05	03.05-12.05	18.4-23.04	25.04-1.05
17-3-11	28.04-16. 05	26.04-03.05	16.4-20.04	25.04-1.05
17-4-18	30.04-18. 05	03.05-12.05	18.4-23.04	25.04-1.05
17-5-5	25.04-16. 05	20.04-03.05	13.4-23.04	25.04-1.05
17-5-6	01.05-25. 05	03.05-12.05	18.4-25.04	1.05-5.05
17-5-8	27.04-19.05	17.04-12.05	13.4-23.04	25.04-2.05
17-5-10	01.05-26. 05	03.05-12.05	20.4-25.04	1.05-5.05
17-5-19	22.04-7. 05	26.04-12.05	18.4-23.04	25.04-2.05
17-5-24	21.04-7. 05	17.04-03.05	09.4-16.04	22.04-3.04
17-6-6	20.04-10. 05	03.05-12.05	18.4-23.04	1.05-5.05
17-6-16	01.05-25. 05	29.04-03.05	18.4-23.04	1.05-5.05
17-6-18	01.05-23. 05	20.04-03.05	12.4-20.04	17.04-23.04
17-6-24	30.04-12. 05	20.04-03.05	16.4-20.04	23.04-29.04
13-34-23	29.04-12.05	24.04-01.05	18.04-23.04	23.04-29.04
13-35-23	30.04-14.04	26.4-3.05	18.04-23.04	25.04-30.04
13-42-23	28.04-12.04	22.04-29.04	16.04-23.04	22.04-29.04
13-44-23	24.04-4.05	14.04-20.04	12.04-20.04	7.04-13.04
13-45-23	24.04-5.05	14.04-21.04	12.04-21.04	7.04-13.04
13-46-23	1.05-15.05	1.05-8.05	15.04-23.04	1.05-8.05
13-48-23	22.04-28.04	11.04-16.04	10.04-16.04	25.04-29.04
13-49-23	30.04-14.05	26.04-1.05	18.04-23.04	25.04-29.04
13-52-23	28.04-12.05	22.04-27.04	16.04-21.04	25.04-29.04
13-54-23	1.05-15.05	24.04-1.05	18.04-25.04	22.04-29.04
13-55-23	24.04-5.05	22.04-29.04	16.04-23.04	25.04-29.04
13-64-23	1.05-15.05	1.05-8.05	16.04-23.04	1.05-8.05
13-70-23	24.04-5.05	14.04-21.04	12.04-21.04	20.04-27.04
13-92-23	2.05-12.05	26.04-1.5	20.04-25.04	25.04-29.04
13-102-23	1.05-15.05	1.05-8.05	16.04-24.04	1.05-8.05

Приложение Г
Степень дихогамии гибридных форм ореха грецкого

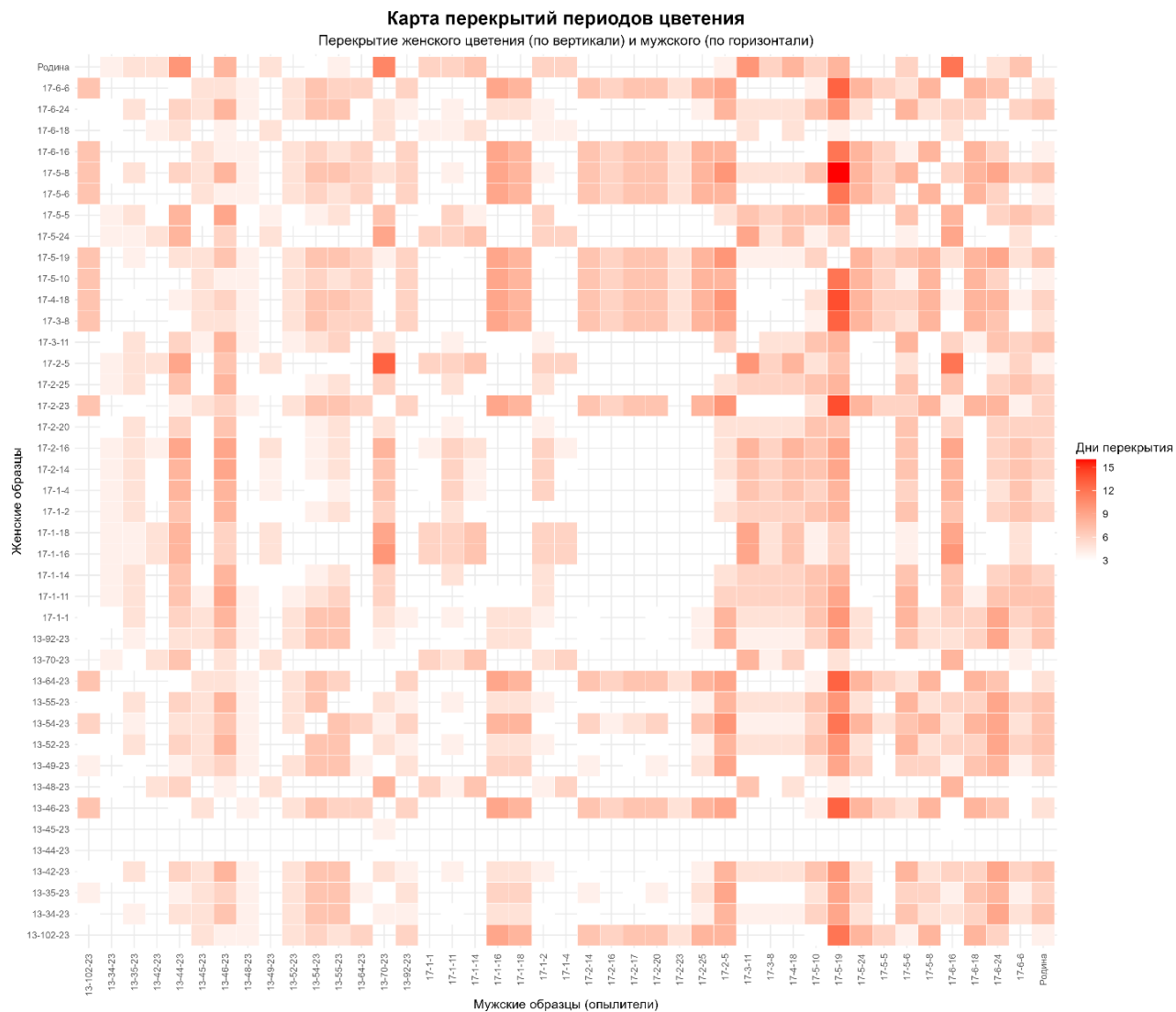
Сорт, гибридная форма	2022, %	2023, %	2024, %	2025, %
Родина (к)	59	74	100	89
17-1-1	86	88	100	100
17-1-2	84	88	40	38
17-1-4	89	45	20	100
17-1-11	100	78	70	40
17-1-14	91	78	40	100
17-1-16	62	75	100	100
17-1-18	50	75	100	100
17-2-5	43	92	100	100
17-2-14	40	85	100	100
17-2-16	61	85	100	100
17-2-17	47	100	100	63
17-2-20	44	100	100	38
17-2-23	53	78	78	80
17-2-25	50	71	100	0
17-3-8	95	100	100	29
17-3-11	78	0	100	100
17-4-18	100	100	100	86
17-5-5	62	100	80	57
17-5-6	96	100	29	100
17-5-8	50	56	50	0
17-5-10	84	100	100	100
17-5-19	87	100	100	88
17-5-24	50	88	100	33
17-6-6	55	100	100	100
17-6-16	79	0	100	100
17-6-18	50	69	100	100
17-6-24	83	46	100	100
13-34-23	69	71	80	100
13-35-23	100	100	80	17
13-42-23	100	100	86	50
13-44-23	10	0	50	100
13-45-23	64	100	44	100
13-46-23	100	100	63	100
13-48-23	50	100	100	100
13-49-23	100	100	100	80
13-52-23	64	60	40	0
13-54-23	0	14	0	0
13-55-23	14	29	0	0
13-64-23	0	14	0	50
13-70-23	0	29	0	13
13-92-23	30	0	0	100
13-102-23	50	14	0	0

Приложение Д
Тип цветения гибридных форм ореха грецкого

Сорт, гибридная форма	2022	2023	2024	2025	Устойчивый признак
Родина(к)	гомогамия	протогиния	протогиния	протогиния	протогиния
17-1-1	протогиния	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия
17-1-2	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия
17-1-4	протандрия	гомогамия	гомогамия	протандрия	гомогамия
17-1-11	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия
17-1-14	протандрия	протандрия	гомогамия	протандрия	протандрия
17-1-16	протогиния	протогиния	протогиния	протогиния	протогиния
17-1-18	гомогамия	протогиния	протогиния	протогиния	протогиния
17-2-5	гомогамия	протогиния	протогиния	протогиния	протогиния
17-2-14	гомогамия	протогиния	протогиния	протогиния	протогиния
17-2-16	гомогамия	протогиния	протогиния	протогиния	протогиния
17-2-17	гомогамия	протогиния	протогиния	гомогамия	протогиния
17-2-20	гомогамия	протогиния	протогиния	гомогамия	протогиния
17-2-23	гомогамия	протогиния	протогиния	гомогамия	протогиния
17-2-25	гомогамия	протогиния	протогиния	гомогамия	протогиния
17-3-8	протандрия	протандрия	протандрия	гомогамия	протандрия
17-3-11	протандрия	гомогамия	протандрия	протандрия	протандрия
17-4-18	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия
17-5-5	гомогамия	протогиния	протогиния	протогиния	протогиния
17-5-6	протандрия	протандрия	гомогамия	гомогамия	протандрия
17-5-10	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия
17-5-19	протогиния	протандрия	протандрия	гомогамия	протандрия
17-5-24	гомогамия	протогиния	протогиния	протогиния	протогиния
17-6-6	гомогамия	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия
17-6-16	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия
17-6-18	гомогамия	протогиния	протогиния	протогиния	протогиния
17-6-24	протандрия	гомогамия	протандрия	протандрия	протандрия
13-34-23	гомогамия	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия
13-35-23	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия
13-42-23	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия
13-44-23	гомогамия	гомогамия	протогиния	протогиния	протогиния
13-45-23	гомогамия	протогиния	протогиния	протогиния	протогиния
13-46-23	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия
13-48-23	гомогамия	протогиния	протогиния	протогиния	протогиния
13-49-23	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия	протандрия
13-52-23	гомогамия	гомогамия	протандрия	гомогамия	гомогамия
13-54-23	гомогамия	гомогамия	гомогамия	гомогамия	гомогамия
13-55-23	гомогамия	гомогамия	гомогамия	протандрия	протандрия
13-64-23	гомогамия	гомогамия	гомогамия	гомогамия	гомогамия
13-70-23	гомогамия	гомогамия	гомогамия	протандрия	гомогамия
13-92-23	гомогамия	гомогамия	гомогамия	протогиния	гомогамия
13-102-23	гомогамия	гомогамия	гомогамия	гомогамия	гомогамия

Приложение Е

Карта перекрытий цветения 43 гибридных форм ореха грецкого



Приложение Ж

Даты созревания плодов гибридных форм ореха грецкого (2022-2025 гг.)

Сорт, гибридная форма	2022	2023	2024	2025	CV, %
Родина (к)	19 сен	22 сен	10 сен	18 сен	1,79
17-1-1	19 сен	21 сен	12 сен	20 сен	1,37
17-1-2	17 сен	21 сен	14 сен	19 сен	0,99
17-1-4	14 сен	20 сен	12 сен	17 сен	1,22
17-1-11	19 сен	14 сен	12 сен	15 сен	1,02
17-1-14	14 сен	22 сен	7 сен	17 сен	2,27
17-1-16	17 сен	14 сен	8 сен	12 сен	1,32
17-1-18	17 сен	14 сен	10 сен	12 сен	1,03
17-2-5	17 сен	19 сен	7 сен	17 сен	1,91
17-2-14	17 сен	22 сен	12 сен	20 сен	1,5
17-2-16	17 сен	22 сен	8 сен	16 сен	2,07
17-2-17	22 сен	22 сен	8 сен	17 сен	2,36
17-2-20	17 сен	22 сен	13 сен	21 сен	1,41
17-2-23	17 сен	19 сен	11 сен	16 сен	1,14
17-2-25	19 сен	14 сен	12 сен	15 сен	1,02
17-3-8	22 сен	20 сен	12 сен	19 сен	1,48
17-3-11	19 сен	19 сен	14 сен	18 сен	0,72
17-4-18	17 сен	18 сен	14 сен	17 сен	0,48
17-5-5	17 сен	14 сен	12 сен	11 сен	0,97
17-5-6	14 сен	19 сен	7 сен	13 сен	1,76
17-5-8	19 сен	19 сен	13 сен	14 сен	1,11
17-5-10	22 сен	26 сен	12 сен	18 сен	2,12
17-5-19	14 сен	14 сен	6 сен	12 сен	1,3
17-5-24	14 сен	18 сен	7 сен	12 сен	1,62
17-6-6	17 сен	21 сен	12 сен	19 сен	1,31
17-6-16	22 сен	19 сен	12 сен	17 сен	1,45
17-6-18	19 сен	19 сен	12 сен	20 сен	1,23
17-6-24	22 сен	20 сен	11 сен	20 сен	1,69
13-34-23	24 сен	26 сен	17 сен	23 сен	1,28
13-35-23	27 сен	28 сен	19 сен	25 сен	1,33
13-42-23	27 сен	28 сен	19 сен	25 сен	1,33
13-44-23	20 сен	21 сен	12 сен	18 сен	1,36
13-45-23	20 сен	21 сен	12 сен	18 сен	1,36
13-46-23	18 сен	19 сен	10 сен	16 сен	1,37
13-48-23	16 сен	17 сен	8 сен	14 сен	1,39
13-49-23	25 сен	26 сен	17 сен	23 сен	1,34
13-52-23	28 сен	29 сен	20 сен	26 сен	1,32
13-54-23	28 сен	29 сен	20 сен	26 сен	1,32
13-55-23	27 сен	28 сен	19 сен	25 сен	1,33
13-64-23	28 сен	29 сен	20 сен	26 сен	1,32
13-70-23	18 сен	19 сен	10 сен	16 сен	1,37
13-92-23	27 сен	28 сен	19 сен	25 сен	1,33
13-102-23	28 сен	29 сен	20 сен	26 сен	1,32

Приложение И

Морфометрическое описание плодов, изученных образцов ореха грецкого

Сорт, гибридная форма	Масса плода, г				Выход ядра, %				Толщина скорлупы, мм			
	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025
Родина (к)	13,8	11,57	15,7	11,62	52,78	59,81	31,66	49,35	1,46	0,7	1,07	1,2
17-1-1	7,94	12,38	12,55	11,2	37,41	45,56	39,60	42	1,163	1,35	1,43	1,25
17-1-2	12,27	12,64	8,95	10,1	42,95	45,17	55,53	48	1,94	1,45	1,24	1,30
17-1-4	9,23	9,6	9,57	9,4	52,22	58,96	51,93	54	1,63	1,4	1,35	1,2
17-1-11	12,13	12,34	10,72	11,2	37,51	40,36	46,36	42	2,1	1,169	1,61	1,42
17-1-14	12,65	10,41	10,39	10,8	42,92	47,07	47,83	46	2	1,63	1,31	1,40
17-1-16	11,38	10,14	11,15	10,5	47,01	54,34	44,57	48	1,82	1,35	1,15	1,1
17-1-18	12,88	10,14	14,76	11,8	39,05	51,08	33,67	42	1,97	1,41	1,59	1,3
17-2-5	8,84	8,88	10,62	10,11	54,19	57,32	46,80	50,12	1,63	0,94	1,19	1
17-2-14	10,27	9,23	9,47	9,5	57,06	61,65	52,48	56	1,27	1,13	1,04	1,05
17-2-16	10,23	8,94	9,71	9,4	56,70	58,72	51,18	54,5	1,32	0,91	0,94	0,9
17-2-17	9,93	10,39	8,6	8,97	50,55	51,68	57,79	49,67	1,43	1,03	1	1,3
17-2-20	10,17	10,06	10,24	7,76	51,03	55,77	48,54	46,47	1,4	1,43	1,14	1,2
17-2-23	8,01	9,49	7,78	8,2	66,79	55,64	63,88	61	1,34	1,05	1,1	1,1
17-2-25	11,98	11,19	10,41	11,0	50,08	54,07	47,74	50	1,62	1,47	2,16	1,5
17-3-8	11,72	11,16	9,7	10,55	51,88	61,29	51,24	54	1,61	1,2	1,14	1,1
17-3-11	9,97	10,55	11,46	10,54	43,93	46,07	43,37	44,5	1,79	1,67	1,58	1,53
17-4-18	14,33	15,86	12,83	13,8	45,85	51,89	38,74	44	1,9	1,9	1,68	1,71
17-5-5	8,56	7,59	9,7	8,4	59,58	57,44	51,24	55	1,26	1	0,85	0,9
17-5-6	9,94	8,49	8,64	8,8	48,79	44,52	57,52	51	1,4	1,48	1,06	1,1
17-5-8	9,76	9,2	9,52	9,97	57,27	59,78	52,21	57,8	1,23	1,14	0,6	0,7
17-5-10	8,56	6,98	7,84	8,74	48,25	52,01	63,39	48,47	1,46	0,94	0,93	1,04
17-5-19	12,08	11,25	12,26	10,01	48,76	54,67	40,54	49,48	1,54	1,4	1,52	1,25
17-5-24	12,64	11,13	13,01	12	47,78	40,16	38,20	41	1,64	1,6	1,16	1,3
17-6-6	11,8	10,16	9,35	9,9	53,47	53,55	53,16	50,59	1,39	0,6	1,4	1,0
17-6-16	10,05	10,13	10,29	10,13	53,93	50,61	48,30	50	1,61	1,4	0,97	1,3
17-6-18	13,61	12,03	11,65	12,2	41,24	46,31	43,36	44	1,58	1,45	0,79	1,2
17-6-24	9,81	11,49	11,2	11,44	57,19	48,83	44,38	50,03	1,5	1,43	1,38	1,13
13-12-23	11,2	11,65	10,47	10,1	51,3	52,2	49,7	50,3	1,40	1,25	1,35	1,2
13-34-23	11,3	12,18	10,77	10,82	50	50,7	50,6	48,69	1,45	1,4	1,26	1,09
13-35-23	12,8	13,13	12,01	13,02	48	50,5	51,5	40,75	1,2	1,13	1,03	1,15
13-42-23	11,8	11,28	10,3	13,75	44,5	45,2	43,6	41,88	1,5	1,45	1,39	1,6
13-44-23	6,5	6,15	5,97	7,05	56	58,4	51,6	52,4	1,35	1,2	0,70	1,1
13-45-23	12,8	12,56	13,20	13,11	42	39,9	46,3	41,42	2,0	2,1	1,86	1,34
13-46-23	11,5	11,18	11,21	12,17	54	52,4	59,3	49,67	1,4	1,3	1,07	1,03
13-48-23	14,2	14,15	13,53	15,19	46	48,8	44,2	44,86	1,5	1,32	1,66	1,59
13-49-23	10,5	11,87	9,54	9,53	44	45,3	43,2	40,43	1,4	1,3	1,25	1,18
13-52-23	12,5	13,25	11,11	12,32	47	49,1	47,3	43,89	1,65	1,7	1,49	1,37
13-54-23	13,5	13,78	12,94	14,84	52	59,8	46,8	44,49	1,75	1,8	1,54	1,68
13-55-23	11,0	11,25	10,13	11,02	46,5	46,5	48	42,43	1,55	1,6	1,23	1,47
13-64-23	10,5	11,72	8,35	11,84	51	52	49,7	49,3	1,15	1,0	1,07	0,6
13-70-23	12,5	13,7	9,78	14,34	53	55,3	56,5	45,86	1,4	1,27	1,00	1,57
13-92-23	11,2	11,83	9,10	12,48	43	41,7	44,7	44,59	1,35	1,28	1,24	1,2
13-102-23	10,2	11,44	9,64	8,86	51	53,8	48,9	44,44	1,05	0,9	1,11	0,91

Сорт, гибридная форма	Длина плода, мм				Диаметр плода (по бокам), мм				Диаметр плода (по шву), мм			
	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2024
Родина	41,17	41,14	42,59	39,93	33,27	32,52	35,63	31,37	33,63	33,68	35,57	30,77
17-1-1	32,16	38,50	39,60	38,5	27,69	33,40	33,47	32,8	25,94	32,00	32,47	31,6
17-1-2	38,64	38,75	35,87	36,5	32,95	32,90	30,50	31	32,46	33,35	29,45	30,15
17-1-4	34,5	31,30	31,12	33,4	29,25	31,30	30,06	31,45	28,05	30,60	29,30	28,45
17-1-11	36,55	38,40	38,90	38,5	32,63	32,47	31,90	32,11	31,10	31,64	31,01	31,1
17-1-14	36,10	31,80	35,20	33,5	32,96	31,93	32,59	32,43	31,27	29,67	31,06	30,32
17-1-16	34,17	33,18	34,82	33,4	32,37	32,05	34,01	31,15	31,45	28,53	30,43	29,24
17-1-18	45,40	46,82	48,18	46,5	29,53	31,06	32,95	30,26	29,42	31,32	32,31	30,16
17-2-5	33,74	31,84	34,19	34,62	30,04	30,11	32,99	30,78	28,61	29,91	31,66	32,58
17-2-14	35,31	33,86	35,89	34,4	29,64	28,94	31,85	29,13	28,67	28,33	30,24	28,15
17-2-16	34,73	34,49	36,03	35,6	28,81	29,81	31,23	29,10	28,73	29,47	30,14	29,78
17-2-17	33,36	35,21	31,43	32,40	20,18	31,05	29,91	29,40	28,89	31,11	28,16	28,90
17-2-20	36,43	35,20	37,80	37,84	28,23	29,07	29,90	26,34	27,44	28,13	31,19	29,80
17-2-23	30,92	32,32	31,63	31,43	30,44	30,70	31,91	30,62	29,66	29,33	29,89	29,18
17-2-25	35,97	37,36	39,69	37,12	31,75	31,11	33,63	31,2	27,60	30,01	30,84	29,35
17-3-8	35,26	35,22	35,19	35,34	32,03	31,92	30,55	31,21	29,87	30,93	29,15	30,0
17-3-11	35,83	37,28	38,00	37,25	27,96	28,60	29,95	28,34	28,88	29,70	30,30	29,4
17-4-18	41,06	42,00	39,92	40,5	32,14	35,04	31,92	32,11	31,58	31,94	30,87	31,3
17-5-5	36,50	36,87	37,13	36,4	28,95	26,30	30,28	28,2	27,98	26,33	29,22	27,12
17-5-6	37,62	34,88	36,20	34,1	29,86	28,24	28,53	28,25	28,78	27,54	25,34	27,66
17-5-8	35,24	35,60	35,40	36,00	29,24	29,30	29,96	32,45	30,74	30,70	30,84	31,33
17-5-10	37,83	35,60	35,78	38,95	28,89	27,87	30,46	29,12	27,43	26,67	29,40	30,13
17-5-19	36,34	35,35	35,91	32,55	31,49	30,67	31,90	30,20	31,58	30,87	32,45	29,10
17-5-24	39,33	38,5	39,91	37,632	34,68	33,5	36,79	33,14	31,73	32,0	34,00	33,15
17-6-6	38,24	38,53	37,77	36,35	31,53	31,00	30,27	29,11	29,97	30,57	29,08	28,68
17-6-16	34,84	34,5	36,23	35,7	30,11	30,5	30,80	30,65	29,84	30,1	31,66	29,68
17-6-18	37,68	37	37,42	36,4	36,53	35,24	36,38	36,29	34,68	34,0	34,40	34,14
17-6-24	35,99	36,43	37,12	37,90	30,50	31,13	31,96	33,47	31,54	33,83	33,20	30,83
13-12-23	33,71	32,90	33,6	33,49	30,0	29,30	32,8	31,31	31,27	31,50	30,93	31,26
13-34-23	36,13	35,88	35,77	36,16	30,5	31,65	29,34	29,06	31,34	32,15	30,96	31,26
13-35-23	39,2	38,89	38,41	40,40	31,5	32,4	30,58	32,49	32,54	32,36	30,91	32,69
13-42-23	32,68	32,16	32,58	34,18	31	31,19	31,84	32,18	30,68	30,27	30,41	32,58
13-44-23	29,73	29,33	29,46	30,16	27	26,63	28,40	28,59	26,86	25,45	25,92	27,24
13-45-23	34,82	34,5	34,55	34,40	32,5	33,18	32,83	32,90	33,45	33,49	32,73	33,00
13-46-23	32,33	32,66	31,00	31,86	32,5	33,03	33,00	32,45	32,61	31,93	32,87	33,04
13-48-23	36,75	36,9	36,93	35,46	31,5	34,46	33,86	35,44	32,34	32,43	31,40	32,85
13-49-23	33,77	34,54	33,88	31,93	33	33,63	29,58	29,83	30,13	31	28,61	29,40
13-52-23	38,64	39,4	37,24	37,70	34,5	34,16	32,61	32,43	32,42	33,7	31,55	31,52
13-54-23	39,78	41,38	38,14	38,27	29	36,65	33,19	33,30	33,56	33,65	31,44	33,58
13-55-23	39,15	40,62	39,91	42,54	31	29,1	29,06	29,15	28,25	28,82	28,08	29,57
13-64-23	40,87	44,77	38,39	45,07	31,5	32,22	29,56	32,14	31,61	31,62	29,82	32,63
13-70-23	33,69	33,54	30,58	34,09	31,5	31,87	31,46	33,83	32,79	32,53	31,40	32,46
13-92-23	38,31	41,53	34,51	40,31	31,5	32,20	30,76	34,11	31,35	33,33	28,32	32,13
13-102-23	39,45	43,02	39,59	40,33	31,0	32,4	31,44	31,59	31,69	31,88	30,75	30,54

Сорт, гибридная форма	Выделяемость ядра, балл				Выполненность ядра, балл				Цвет ядра, балл				Структура скорлупы, балл			
	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025
Родина (к)	3	1	1	2	6	4	5	5	1	2	2	2	5	7	5	4
17-1-1	3	1	2	2	2	3	3	2	3	3	3	3	5	3	6	4
17-1-2	3	1	1	1	3	3	2	2	5	5	4	4	5	5	3	4
17-1-4	4	1	1	1	5	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4
17-1-11	3	1	1	1	4	2	5	3	4	2	4	3	4	5	5	5
17-1-14	4	1	2	2	5	4	3	3	5	4	3	4	3	3	3	3
17-1-16	4	2	2	2	5	3	5	3	3	2	3	3	5	5	4	5
17-1-18	3	1	2	2	5	4	5	4	3	3	2	3	6	4	7	5
17-2-5	4	1	1	1	4	4	4	1	3	2	2	2	5	5	5	5
17-2-14	4	1	1	1	6	4	4	4	4	2	3	3	6	5	6	6
17-2-16	4	1	2	2	5	2	5	3	3	2	2	2	5	6	7	6
17-2-17	4	1	2	2	5	2	3	4	3	2	2	4	5	6	4	5
17-2-20	3	1	2	1	5	3	5	3	3	1	2	3	4	3	5	6
17-2-23	3	1	2	2	4	5	3	3	3	2	2	2	4	4	4	4
17-2-25	4	1	1	1	6	3	3	3	5	4	3	4	5	5	7	6
17-3-8	5	2	1	2	5	4	3	3	3	2	2	2	4	3	6	4
17-3-11	3	1	1	1	6	4	5	3	5	2	4	3	6	3	5	5
17-4-18	2	1	2	2	3	3	3	3	3	2	4	3	5	3	4	4
17-5-5	1	1	1	1	5	2	5	2	2	2	2	2	4	5	5	5
17-5-6	1	1	1	1	6	4	5	3	5	2	3	3	5	5	4	5
17-5-8	1	1	1	1	6	4	5	5	4	2	2	2	5	4	5	5
17-5-10	1	1	1	1	5	2	2	3	4	1	2	2	4	5	5	5
17-5-19	2	3	1	3	5	4	6	4	4	3	3	2	6	4	5	5
17-5-24	1	1	1	1	4	4	4	3	4	3	2	3	5	4	4	4
17-6-6	1	1	3	1	5	4	3	3	4	3	3	3	5	4	3	5
17-6-16	2	1	1	1	4	4	5	4	2	2	2	2	4	4	4	4
17-6-18	1	1	1	1	5	4	5	3	5	3	3	3	6	5	5	5
17-6-24	1	1	1	1	5	3	5	4	3	2	2	2	5	5	5	6
13-12-23	2	1	1	1	4	3	3	2	2	2	3	2	4	5	4	5
13-34-23	3	2	1	2	5	4	4	6	3	3	3	3	5	4	4	5
13-35-23	2	1	1	2	4	4	6	4	2	2	2	1	4	4	4	5
13-42-23	3	3	2	2	4	3	5	5	3	2	3	2	3	1	3	4
13-44-23	2	1	1	1	4	3	2	3	2	1	3	2	4	2	5	5
13-45-23	4	3	3	4	5	4	5	7	3	3	3	2	7	8	6	7
13-46-23	3	2	1	2	4	2	5	5	3	3	3	2	6	6	6	7
13-48-23	3	2	3	3	4	3	4	4	3	2	3	3	4	2	4	5
13-49-23	2	1	1	2	4	4	5	3	3	2	3	3	5	4	5	5
13-52-23	3	2	3	3	3	2	3	4	3	3	4	2	6	7	5	5
13-54-23	3	2	2	2	4	4	4	5	2	2	2	2	6	7	5	5
13-55-23	3	3	1	2	4	4	5	3	2	1	2	3	5	4	5	6
13-64-23	2	1	1	1	4	3	3	4	2	1	2	2	5	4	5	6
13-70-23	3	2	2	2	4	3	6	5	3	3	4	2	5	5	5	5
13-92-23	2	1	1	2	3	2	4	3	3	4	3	3	4	3	3	5
13-102-23	2	1	3	2	4	5	3	5	2	1	3	2	5	5	4	4

Приложение К
Фото плодов изученных гибридных форм ореха грецкого





Приложение Л

Свидетельство о государственной регистрации базы данных
№2025623222«Жирнокислотный состав ядер плодов перспективных гибридных форм и сортов
ореха грецкого»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2025623222

**Жирнокислотный состав ядер плодов перспективных
гибридных форм и сортов ореха грецкого****Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства, виноградарства, виноделия"
(RU)****Авторы: Аль-Накиб Екатерина Аделевна (RU), Лободина
Елена Вадимовна (RU)**

Заявка № 2025622863

Дата поступления 30 июня 2025 г.

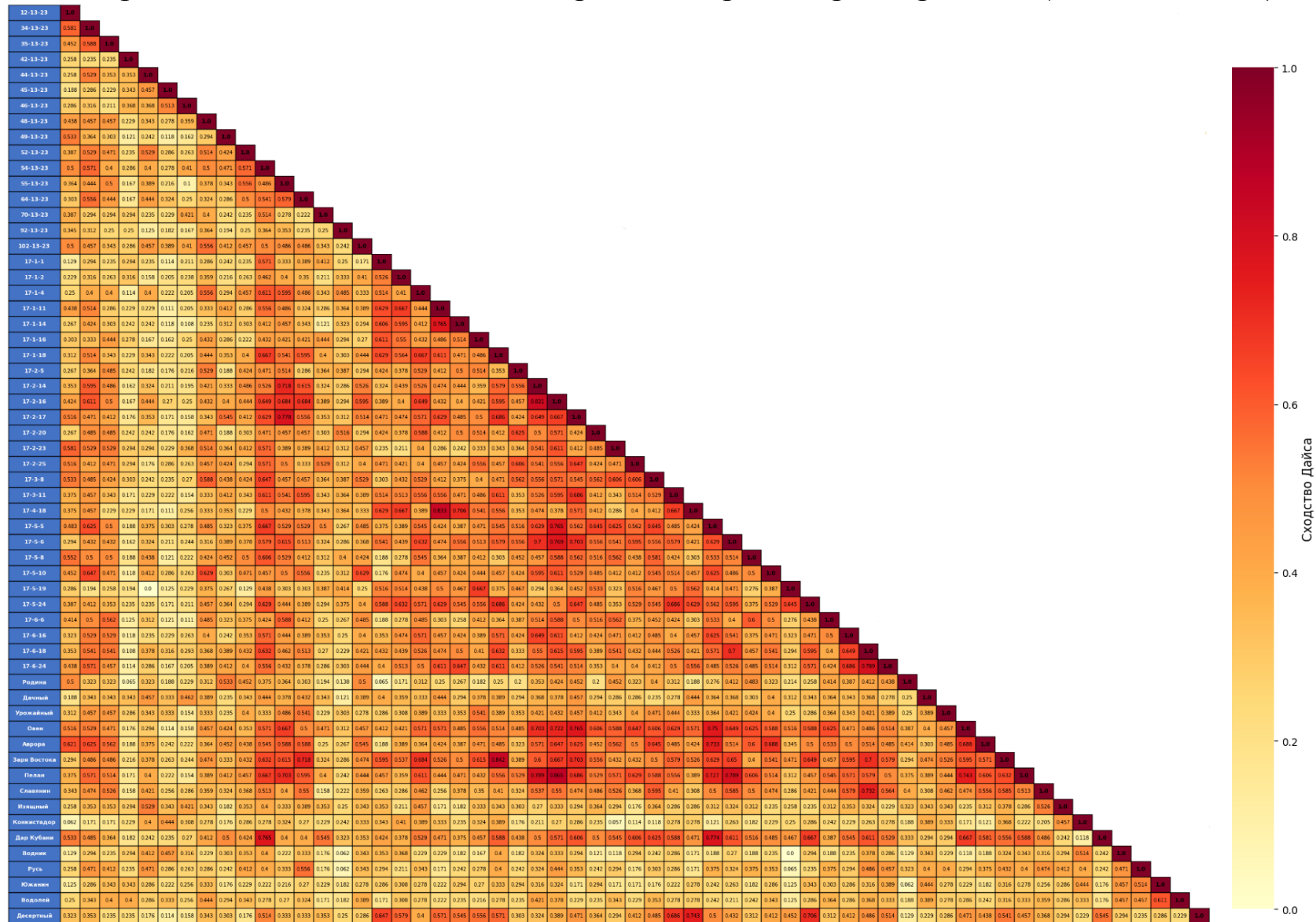
Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 04 августа 2025 г.

**Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 069267c1c43300f541240670cc2026
Владелец: Зубов Юрий Сергеевич
Действителен с 10.07.2024 по 03.10.2025**Ю.С. Зубов**

Приложение М

Матрица генетического сходства сортов и гибридов ореха грецкого (метод UPGMA)



Примечание: градация цвета ячеек от светлого (низкое значение коэффициента сходства) к темному (высокое значение коэффициента сходства)

Приложение Н

SSR-фингерпринты гибридных форм и сортов ореха грецкого

Гибридная форма	WGA001		WGA069		WGA376		WGA276		WGA009		WGA202		WGA089		WGA054		WGA321		WGA72		WGA79		WGA4	
13-12-23	185	185	165	165	239	239	166	186	242	246	276	276	213	213	114	114	246	246	144	144	208	208	231	231
13-34-23	185	189	165	173	239	239	174	186	246	252	280	280	213	213	111	111	240	240	144	144	208	208	231	233
13-35-23	185	187	173	183	239	249	170	176	246	246	258	258	213	213	111	111	240	240	144	144	208	210	231	231
13-42-23	181	185	183	183	239	239	166	190	254	262	270	270	-	-	111	111	238	246	142	142	198	198	233	241
13-44-23	177	185	173	181	231	255	186	186	230	230	270	280	213	213	111	111	240	240	144	144	198	198	233	241
13-45-23	177	181	181	181	231	235	186	186	236	240	258	270	215	215	111	111	238	238	146	146	198	208	231	233
13-46-23	181	187	181	181	241	251	166	186	252	252	268	270	215	220	111	119	244	246	144	146	198	208	233	233
13-48-23	177	187	163	163	239	239	172	178	242	242	268	280	213	213	111	123	246	246	144	144	208	210	231	233
13-49-23	183	185	165	165	233	255	159	159	248	248	252	274	213	213	114	114	246	246	144	144	208	214	231	231
13-52-23	177	185	163	163	255	255	166	176	250	250	274	280	213	213	111	111	240	240	144	144	191	208	231	233
13-54-23	185	187	183	183	255	255	172	172	250	250	268	268	213	213	114	123	240	240	144	144	208	214	231	233
13-55-23	185	189	165	165	255	255	166	172	240	240	268	278	213	220	111	111	240	246	144	144	208	208	231	233
13-64-23	177	185	173	173	239	255	176	188	240	240	278	278	209	213	117	123	240	240	142	144	191	208	231	231
13-70-23	177	189	165	179	239	249	176	188	240	244	278	278	213	213	111	117	240	244	142	144	191	208	231	231
13-92-23	185	189	173	179	249	255	186	186	240	244	297	297	209	209	111	123	240	240	144	144	191	208	231	233
13-102-23	179	187	165	181	239	239	166	172	232	232	278	278	209	220	111	111	246	246	144	144	198	205	231	231
17-1-1	189	189	165	183	239	239	166	166	230	230	268	290	234	234	123	123	234	234	142	142	208	208	231	231
17-1-2	189	189	163	181	239	255	178	186	240	240	260	260	213	213	123	123	244	246	144	144	198	208	231	233
17-1-4	177	189	165	183	255	255	172	188	244	244	278	278	209	220	111	111	240	246	142	142	210	214	233	233
17-1-11	189	189	163	183	239	255	174	190	240	240	255	278	211	220	114	123	240	246	142	146	208	210	233	233
17-1-14	189	189	-	-	255	255	172	172	230	230	268	278	209	213	111	123	240	240	142	144	208	210	231	231
17-1-16	187	187	165	165	239	255	174	188	246	246	278	278	213	220	114	123	240	246	142	142	208	214	233	233
17-1-18	189	189	183	183	239	255	174	188	244	244	278	278	213	218	114	114	240	240	142	142	208	214	233	233
17-2-5	187	187	173	183	233	239	172	172	244	244	278	297	209	220	114	114	240	246	142	142	208	210	231	233
17-2-14	185	189	165	165	255	255	174	174	240	240	278	297	209	213	111	123	240	246	142	144	210	210	231	233
17-2-16	185	189	163	183	239	239	172	188	234	234	268	278	213	213	111	111	240	240	142	142	191	208	231	231
17-2-17	185	185	163	173	239	239	174	188	240	248	278	278	209	213	111	123	240	244	144	144	191	208	231	231
17-2-20	189	189	173	173	239	255	172	186	240	248	278	278	209	213	111	123	240	244	144	144	208	208	231	231
17-2-23	185	189	165	173	255	255	188	188	240	240	278	278	209	213	114	123	240	246	142	144	208	208	231	231
17-2-25	185	187	173	183	239	247	172	172	232	244	268	268	213	213	111	123	240	240	142	142	208	208	231	231
17-3-8	185	189	173	173	239	241	166	172	238	242	258	258	213	213	111	111	244	246	144	144	208	208	231	231
17-3-11	185	189	165	183	239	239	172	188	240	240	278	278	209	213	111	114	246	246	146	146	208	208	231	231
17-4-18	189	189	163	179	239	239	172	172	240	240	268	268	213	213	111	114	246	246	142	144	208	208	231	231
17-5-5	189	189	165	165	249	249	172	172	240	240	278	278	209	211	114	123	240	240	142	144	208	214	231	233

17-5-6	189	189	165	165	239	239	174	188	244	244	278	278	211	220	114	123	240	246	142	144	208	214	233	233
17-5-8	185	185	173	173	239	239	172	186	232	240	278	278	213	213	111	111	240	246	144	144	208	208	231	231
17-5-10	187	189	173	183	241	255	172	188	240	248	278	278	209	213	111	114	240	244	142	144	208	208	231	231
17-5-19	187	189	173	173	239	255	166	172	230	230	268	272	213	213	114	114	240	240	144	144	208	208	231	231
17-5-24	189	189	163	173	239	239	178	186	240	240	280	280	213	213	114	123	240	240	144	144	208	208	231	233
17-6-6	185	185	183	183	245	245	172	172	244	244	278	278	220	220	114	123	246	246	142	142	208	208	231	231
17-6-16	189	189	165	183	245	245	172	172	240	240	278	278	213	213	114	123	240	246	142	144	208	210	233	233
17-6-18	189	189	173	173	239	239	172	172	238	238	260	260	213	213	117	123	240	240	134	144	208	210	231	231
17-6-24	189	189	-	-	239	239	170	174	240	240	278	278	213	220	111	111	240	244	134	144	208	210	231	231
Родина	185	185	181	181	255	255	162	162	242	242	274	274	213	213	114	125	244	244	134	144	208	208	231	231
Дачный	181	187	173	173	255	255	188	188	236	236	262	262	220	220	111	123	240	246	134	144	198	208	233	241
Урожайный	177	185	173	179	239	239	168	170	236	236	262	297	209	209	111	114	240	240	142	142	208	208	231	233
Овен	185	189	173	173	239	239	172	188	232	232	278	278	209	213	114	123	240	246	144	144	208	208	231	231
Аврора	185	189	173	173	239	239	176	186	240	240	297	297	213	213	114	114	240	246	144	144	208	208	231	231
Заря Востока	189	189	173	173	255	255	170	170	240	244	278	297	209	213	111	123	240	246	142	144	208	210	231	233
Пелан	185	189	173	173	239	255	172	188	240	248	278	278	209	213	111	121	240	240	144	144	208	208	231	231
Славянин	185	189	173	179	231	241	170	170	240	244	268	268	213	218	111	114	240	244	144	144	208	210	231	241
Изящный	177	185	181	181	241	241	186	186	244	244	268	268	220	220	111	125	240	240	142	144	198	210	231	241
Конкистадор	177	181	181	181	231	255	168	184	248	248	266	266	220	220	123	123	240	240	142	146	198	210	231	233
Дар Кубани	189	189	165	165	233	233	166	172	232	240	278	278	213	213	111	114	240	246	144	144	208	208	231	231
Водник	181	185	163	165	231	255	159	159	240	248	249	249	215	215	111	111	240	240	146	146	198	210	233	233
Русь	181	185	173	179	255	255	162	186	234	234	249	266	218	218	111	111	240	240	144	144	210	210	231	233
Южанин	181	181	183	183	239	239	159	180	234	248	262	266	218	218	111	123	240	240	144	144	198	210	213	233
Водолей	181	185	163	163	239	239	140	159	248	248	258	266	218	218	111	123	238	238	144	144	208	210	233	241
Десертный	189	189	165	165	239	239	172	172	240	244	278	278	211	211	114	121	240	246	142	144	210	214	233	233