

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
САДОВОДСТВА, ВИНОГРАДАРСТВА, ВИНОДЕЛИЯ»

На правах рукописи

БАЛАПАНОВ  
Ильнур Маликович

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ХОЗЯЙСТВЕННО-ЦЕННЫЕ  
ПРИЗНАКИ ОРЕХА ГРЕЦКОГО В УСЛОВИЯХ КРАСНОДАРСКОГО  
КРАЯ**

Специальность: 4.1.2 – Селекция, семеноводство и биотехнология растений

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Научный руководитель:  
кандидат биологических наук

Супрун И.И.

Краснодар, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ХАРАКТЕРИСТИКА КУЛЬТУРЫ ОРЕХА ГРЕЦКОГО.....	9
1.1 История распространения и значение культуры ореха грецкого.....	9
1.2 Ценные для селекции признаки ореха грецкого.....	15
1.3 Молекулярные маркеры в селекции ореха грецкого.....	33
2 ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	37
2.1 Объекты исследований.....	37
2.2 Место и условия проведения исследований.....	40
2.3 Методы исследований.....	53
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	57
3.1 Оценка сортов и форм ореха грецкого коллекции СКФНЦСВВ по комплексу хозяйственно-ценных признаков.....	57
3.1.1 Закономерности прохождения фенофаз в годичном цикле развития растений ореха грецкого.....	57
3.1.2 Устойчивость растений ореха грецкого к основным патогенам.....	71
3.1.3 Биометрические показатели роста деревьев ореха грецкого.....	74
3.1.4 Техническая оценка плодов ореха грецкого.....	77
3.1.5 Продуктивность форм ореха грецкого в условиях Краснодарского края.....	82
3.1.6 Кластерный анализ селекционно-ценных признаков и биологических особенностей сортоформ ореха грецкого.....	86
3.2 Генетическое разнообразие и структура генофонда <i>J.regia</i> .....	88
3.2.1 Анализ полиморфизма микросателлитных локусов.....	88
3.2.2 Анализ генетического родства изученных генотипов ореха грецкого по методу главных координат (РСоА).....	97
3.2.3 Филогенетический анализ изученных генотипов ореха грецкого с использованием Байесовского подхода.....	99
3.3 Подбор наиболее перспективных пар скрещивания.....	104

3.4 Экономическая эффективность использования новых сортоформ ореха грецкого.....	112
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	113
РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ.....	115
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	116
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	117

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследований.** Орех грецкий (*Juglans regia* L.) – широко распространенная культура, возделываемая по всему миру, в пределах умеренного и субтропического климатических поясов. На этапе становления селекции грецкого ореха на юге России в 1960-х годах использовалась местная генплазма. Местные формы адаптированы к климатическим условиям, часть из них может иметь высокое качество плодов и продуктивность. Основой для дальнейшей селекционной работы послужили плюсовые формы, отобранные в ходе экспедиционных обследований. Позднее с накоплением данных по характеристикам отборов, был обнаружен ряд недостатков, а именно: большая часть форм, послужившая основой для создания первых сортов, была недостаточно продуктивна и характеризовалась периодичностью плодоношения. Кроме того, устойчивость к критическим морозам в зимний период также оказалась достаточно низкой. В последние годы происходит серьезный сдвиг климатических параметров от среднегодовых значений, что вызывает необходимость обновления сортимента более продуктивными и устойчивыми к стрессорам сортами, в том числе это относится и к ореху грецкому.

**Цель исследований** – провести комплексную оценку перспективных форм ореха грецкого с помощью агробиологических, генетических и статистических методов, выделить наиболее адаптивные и продуктивные из них, для улучшения регионального сортимента и осуществить подбор родительских пар для оптимизации селекционного процесса.

**Для достижения цели решались следующие задачи:**

1. Выявить особенности прохождения фенологических фаз в годичном цикле развития сортов и форм ореха грецкого и их соответствие климатическим условиям региона;

2. Установить биометрические характеристики роста деревьев, для выявления форм пригодных для уплотненных насаждений;
3. Определить устойчивость сортоформ к марсониизу и бактериозу на естественном инфекционном фоне, выделить наиболее устойчивые генотипы;
4. Оценить урожайность сортоформ ореха грецкого на протяжении ряда лет, выделить наиболее урожайные формы;
5. Определить морфометрические и органолептические свойства плодов ореха грецкого и выявить образцы с наилучшими товарными качествами;
6. Провести микросателлитное генотипирование сортов и сортоформ ореха грецкого и, на основе полученных данных, выполнить анализ генетических взаимосвязей и структуры генофонда;
7. Выделить лучшие генотипы для производственного испытания; определить перспективные родительские пары для гибридизации с учетом агробиологических характеристик и степени генетического родства по данным SSR-анализа.

**Объектом исследования** являются сорта и гибридные формы ореха грецкого из коллекции генетических ресурсов СКФНЦСВВ, Никитского ботанического сада, коллекции *Gospadarul Rediu* в Республике Молдова.

**Предметом исследования** послужили хозяйственно-ценные признаки и свойства изученных сортоформ, а также генетический полиморфизм ореха грецкого различного эколого-географического происхождения.

**Научная новизна результатов работы:**

Впервые в условиях Краснодарского края оценен ряд сортоформ ореха грецкого с помощью комплекса фенологических, морфометрических, органолептических и молекулярно-генетических методов, что позволило выделить ценные сортоформы и предложить наиболее перспективные пары для скрещивания;

Впервые проведен анализ полиморфизма микросателлитных локусов ореха грецкого из генофонда Молдовы, Крыма и Кубани, что позволило сделать выводы об их генетических взаимосвязях с мировой генплазмой.

Впервые получены ДНК-паспорта сортов ореха грецкого из коллекций генофонда ФГБНУ СКФНЦСВВ, ФГБУН «НБС-ННЦ» РАН и республики Молдовы.

Создан информационный банк 20 сортоформ ореха грецкого по 10 хозяйственно-ценным признакам, позволяющий осуществить подбор сортов для закладки промышленных насаждений.

#### **Теоретическая значимость исследований.**

Выявлены особенности реализации биологического потенциала перспективных форм ореха грецкого в условиях Краснодарского края. Выявлены генетические взаимосвязи ореха грецкого Краснодарского края на внутривидовом уровне и положение отечественной генплазмы в мировом генофонде ореха грецкого. Установлены наиболее перспективные для интродукции источники генетического разнообразия ореха грецкого.

#### **Практическая значимость исследований.**

Производству предложены новые сортоформы ореха грецкого с комплексом хозяйственно-ценных признаков, позволяющие существенно расширить и улучшить существующий сортимент для Краснодарского края. Составлен фенологический календарь сортоформ ореха грецкого, позволяющий осуществлять подбор опылителей и родительских форм для гибридизации. Сорта Дар Кубани и Новинка переданы в государственное сортоиспытание. Созданы генетические паспорта для изученных форм ореха грецкого, позволяющие проводить точную идентификацию генотипов, а также подтверждать происхождение образцов от предполагаемых родительских форм. Даны рекомендации по гибридизации перспективных генотипов, обладающих взаимодополняющим набором хозяйственно-ценных признаков и удаленных друг

от друга на генетическом уровне. Предложены пути обогащения коллекции ореха грецкого ценными в хозяйственном отношении признаками за счет интродукции зарубежной генплазмы.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

Установленные особенности реализации адаптивного потенциала продуктивности и качества плодов в изменяющихся условиях среды позволили выделить источники ценных признаков для селекции и оптимизации сортимента.

Комплексная оценка сортоформ по хозяйственно-ценным признакам и молекулярным маркерам, позволила подобрать наиболее перспективные пары для гибридизации.

Выявленные генетические особенности популяции ореха грецкого на территории Краснодарского Края позволили сделать выводы о ее происхождении, оценить положение в мировой генплазме, и предложить наиболее перспективные для интродукции источники генетического разнообразия.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 136 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 3 глав, выводов, практических рекомендаций для селекции, списка литературы (158 наименований, в том числе 114 зарубежных авторов), содержит 20 таблиц и 28 рисунков.

**Апробация работы.** Материалы диссертации представлены и доложены на VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса», научно-образовательной конференции молодых ученых «Инновационные биотехнологии в развитии АПК», III International symposium on horticulture in Europe, IX International Young Scientists School «Systems biology and informatics». Основные результаты диссертационного исследования заслушаны и одобрены на заседаниях методического совета ФНЦ «Садоводства» и ученого совета ФГБНУ СКФНЦСВВ в 2013-2021 гг.

« **Публикации.** По теме диссертации опубликовано 11 печатных работ, в том числе 2 в рецензируемых ВАК изданиях и 2 входящие в базы данных Web of Science и Scopus.

## 1 ХАРАКТЕРИСТИКА КУЛЬТУРЫ ОРЕХА ГРЕЦКОГО

### 1.1 История распространения и значение культуры ореха грецкого

Грецкий орех (*Juglans regia* L.), центром происхождения которого является центральная Азия, культивируется в основном в северном полушарии между 30 и 50 градусами широты [111]. Плоды ореха грецкого обладают высокой питательностью, содержат жиры (полиненасыщенные жирные кислоты, витамин E), белки (полноценный состав аминокислот, включая незаменимые), углеводы, микроэлементы и витамины. Все побочные продукты производства ядра грецкого ореха могут быть использованы. Древесина грецкого высоко ценится за ударо- и жаростойкость, а также за красивый внешний вид [55].

В настоящее время, основные страны производители грецкого ореха (Китай, США, Иран, Турция, Мексика, Франция) ведут селекционные программы для совершенствования сортимента по ряду параметров. Приоритетные направления селекции *Juglans regia* L. для большинства стран совпадают, однако же, различия в климате, экономическом положении и прочим факторам, сказываются на содержании селекционных программ [141].

Концепция развития садоводства предусматривает обновление сортимента за счет новых высокопродуктивных, скороплодных, комплексно устойчивых сортов, адаптированных к почвенно-климатическим особенностям [9].

Базовым этапом любой селекционной программы является формирование генетической коллекции на основе наиболее перспективных сортов и форм. Основными критериями отбора генотипов для пополнения коллекции являются физиологические и морфологические признаки и свойства.

К наиболее ценным для селекции грецкого ореха признакам относят: латеральное плодоношение, позднее распускание почек и цветение, гомогамия или протогиния, морозостойкость, морозоустойчивость, устойчивость к марсонии и бактериозу, высокое качество орехов и ядра [45, 84].

Кроме того, к данному списку можно отнести признаки, которые приобретают все большую значимость в связи с переходом к интенсивным технологиям в садоводстве. К ним относятся компактность кроны, сдержанный рост, скороплодность [12]. Так как орех грецкий в природе является довольно крупным деревом, вырастающим в высоту до 20-25 м, с горизонтальной проекцией кроны до 25м в диаметре, чаще всего приходится использовать схему высадки 10x15 м или 15x15 м. Пока кроны деревьев не сомкнутся, урожайность будет ниже запланированной, а для этого требуется до 12 лет. В промышленных насаждениях используют более компактные, высокоурожайные культуры для высадки в междурядье [130].

Происхождение видов ореха грецкого приурочено предположительно к большой зоне гор Центральной Азии [56, 62]. Оттуда он естественным путем распространился на значительные площади в Евразии и Америке. В течение последнего ледникового периода, орех исчез из Южной Европы и Турции, но сохранился в наиболее теплых зонах ближе к Черному морю и Каспию, а также в территориях, защищенных горными массивами от надвигающегося с севера ледника [59].

Распространение ореха грецкого в Азии шло благодаря комплексным взаимовлияниям человеческих и природных факторов. После последнего масштабного оледенения, орех сохранился и рос самосевом в почти изолированных участках Азии, от Синьцзянской провинции западного Китая через Центральную Азию до Кавказа. Барьеры для потока генов, такие как Тянь-Шань и Гималайские горы и возрастающее опустынивание Центральной Азии в течение Голоцена привели к фрагментации и изоляции природных популяций в данных районах [127].

Генетический анализ вкупе с этнолингвистическими и историческими данными выявил, что то, что казалось природными местообитаниями ореха грецкого, хотя бы отчасти является результатом попыток древних людей по

изменению ландшафта Азии [109, 124]. Люди распространяли орех грецкий через «зеленые коридоры», такие как Шелковый путь и Царская дорога, которые преодолевали географические барьеры и способствовали распространению ореха в Азии [124, 145]. Однако происхождение и опосредованное человеком распространение ореха по всей Европе – вопрос длительных дискуссий.

Древние отложения пыльцы точно указывают, что орех грецкий произрастал в южной Испании, Италии, Франции, Швейцарии (Альпы), Болгарии (Родопские горы), Греции (Эпир), юго-западной Турции и Албании в течение верхнего Плейстоцена (126000-12000 до сегодняшнего дня.) [65, 82]. Учитывая малое количество пыльцы грецкого ореха в европейских пост-эемских отложениях, некоторые авторы полагают, что орех грецкий, по сути, исчез в Европе в начале Голоцена (приблизительно 11700 лет назад), после последнего ледникового максимума и его реинтродукция человеком в Европу из западной Азии (например, восточной Турции и Закавказья) в Эгейский бассейн произошла не ранее середины второго тысячелетия до н.э. [51, 58].

Согласно доступным данным об отложениях пыльцы, орех грецкий был возвращен в прежние ареалы в течение второго тысячелетия до н.э. [158]. Также в Северной Испании пыльца ореха грецкого была найдена в отложениях Мюнстерианского периода, в течение раннего Палеолита, когда температуры были достаточно низкими [58, 138].

Пыльца ореха грецкого обнаружена в отложениях пещеры Карихуэла, расположенной в Южной Испании. Возраст этих образцов пыльцы оценивается в пределах 28 тыс. лет до н.э., что находится в пределах последнего обледенения. Пыльца ореха грецкого возрастом 11-7 тысячелетий до н.э. была найдена в Центральной Италии, и возрастом 5 тыс. лет до н.э. в Южных Альпах и Балканах.

Кроме того, Van den Brink и Janssen (1985) доложили о присутствии пыльцы возрастом 4500 лет до н.э. в Serra de Estrela (Португалия), которая старше образцов пыльцы найденной в Турции и Греции [58, 148]. Дополнительные

палеополинологические исследования показали, что орех грецкий был также представлен в Северной Америке на протяжении Нижнего и Среднего Голоцена [50].

Принимая во внимание прежние работы и в особенности существование ореха грецкого и в Центральной Азии и на Пиринейском полуострове в течение последнего Ледникового периода, возникают некоторые вопросы касательно теории Вавилова о происхождении культурных видов, применительно к ореху грецкому [159].

Согласно Frutos (2000), на Пиринейском полуострове орех грецкий мог пережить суровые холода, так как ориентированная с севера на юг горная цепь известная как Пиринейская система, позволяла видам мигрировать в более теплые области. С другой стороны, виды, произраставшие с северной части Пиринейских гор, которые ориентированы с востока на запад, не могли уйти от холодов, так как они находили непреодолимый барьер, когда двигались на юг во время последнего обледенения [81].

Позднее орех грецкий культивировался в античности по всему периметру Средиземноморского бассейна, где этот вид был обнаружен в виде разрозненных особей или групп деревьев, на границе возделываемых земель или по берегам рек.

Вторая волна распространения в юго-западную Европу последовала во время греческой колонизации около 8-5 столетия до н.э. [158, 137]. Но эта точка зрения на сегодняшний день оспаривается. Последующие полинологические находки показывают, что *J. regia* мог пережить холодные сухие интервалы обледенения в рефугиуме в южной Европе и на Балканах [54, 113, 94, 110, 101, 118, 83]. Карпологические ископаемые ореха грецкого были найдены в северо-восточной Италии (Саммарденча, 7550 лет назад), Швейцарии (рядом с озером Констанц около 6000-4350 лет назад), и Словении (Хошеварика 5600-5500 лет назад) [135, 97, 93]. Предполагая, что орех грецкий был собираем/культивируем с раннего неолита до бронзового века в Европе, мы не можем исключить

использование местных форм, ранее защищенных от использования в качестве топлива и еды в течение продолжительного времени и драматических изменений ландшафта в течении глобальных колебаний климата и растущего экономического давления [113, 155, 132]. Несмотря на данные полинологии, нет молекулярных исследований, подтверждающих, что орех грецкий пережил последний ледниковый максимум в Европе, так, не было зафиксировано полиморфизма в 29 демах ореха грецкого в Европе с использованием хлоропластных PCR-RFLP маркеров [78].

Вне зависимости от разрешения конфликта полинологических и молекулярных данных, распространение ореха по Европе точно было осуществлено при участии человека в течении последних 2500 лет. Неожиданный рост концентрации пыльцы был отмечен в период между 2500 и 1000 лет назад, что, вероятно отражает повсеместное увеличение культивирования грецкого ореха, начиная с греческого и римского периодов и далее [137]. Как выявлено в Италии, отбор и частая межрегиональная интродукция семян грецкого ореха по древним маршрутам, возможно, влияет на его генетическую структуру, снижая генетическое разнообразие путем отбора и увеличивая генетическую однородность, путем распространения [46, 107, 127].

В XVIII столетии орех грецкий стал культивироваться в Южной Америке испанскими колонизаторами, которые привезли генотипы *J. regia* из Испании. В конце концов, в XIX столетии орех грецкий был завезен в Северную Калифорнию из Франции и в Южную Калифорнию из Китая [4, 53, 144]. Культура распространилась сейчас по Северной и Южной Америке (Чили, Аргентина), Австралии, Новой Зеландии, Южной Африке и Японии [153].

На сегодняшний день основными странами производителями ореха грецкого являются Китай и США. По сведениям FAOSTAT, в 2017/2018 году в Китае произведен миллион тонн ореха грецкого, в США около 600 тыс. тонн, в Чили, ЕС и Украине производится около 115 тыс. тонн ежегодно. Также

крупными производителями ореха грецкого являются Иран, Индия, Пакистан, Турция и др [57].

Такие факторы, как продолжительное хранение, отсутствие проблем с транспортировкой, высокая питательность плодов и пр. обуславливают привлекательность ореха грецкого, как плодовой и технической культуры. Не менее важными факторами является высокий спрос на ценную древесину ореха грецкого и относительно низкие затраты по закладке и ведению промышленного сада.

Потребность российского рынка в орехе грецком оценивается в 30 тысяч тонн. Только 10% от этого количества производится ЛПХ и мелкими хозяйствами, остальная доля рынка восполняется за счет экспорта. Такие обстоятельства породили большой интерес к культуре ореха грецкого среди садоводов, которые готовы закладывать под орехоплодные значительные площади на Юге России.

В то время как большое количество промышленных насаждений разнообразных плодовых культур на территории Краснодарского края закладывается импортным посадочным материалом, для ореха грецкого такой подход является рискованным.

Сорта южноевропейской и калифорнийской селекции популярны на рынке, обладают продолжительным вегетационным периодом и слишком теплолюбивы для климатических условий Юга России.

Таким образом, актуализируется проблема пополнения ассортимента ореха грецкого новыми сортами, сочетающими высокую продуктивность с адаптивностью и хорошим качеством плодов.

## 1.2 Ценные для селекции признаки ореха грецкого

**Латеральное плодоношение.** Ведущим признаком, при оценке компонентов, определяющих урожайность ореха грецкого, является латеральный тип плодоношения. В случае данного плодоношения, женские цветки появляются не только на апикальных и приапикальных почках, но также почти во всех пазушных почках зеленого побега. Апикальное доминирование на таких побегах слабое [38].

Таким образом, плоды располагаются по всей ветке на вершинах латеральных побегов. Такие ветки будут продолжать плодоносить несколько лет, при условии хорошего освещения. Используя данные о количестве женских цветков в латеральном положении и проценте полученных из них плодов, можно вычислить индекс урожайности дерева.

Этот индекс значимо коррелирует с многолетними данными по урожайности, и может быть использован при первоначальной оценке перспективных форм. Наиболее эффективным способом оценки урожайности образца ореха грецкого является его вегетативное размножение, и высадка на опытном или промышленном участке, с последующей регистрацией данных по урожайности сорта [157].

Однако такой подход очень затратен, как с позиции материальных ресурсов, так и с точки зрения сроков реализации. Он не уместен для массового анализа разнообразных по возрасту и условиям произрастания деревьев. Метод оценки индекса урожайности, основанный на вычислении соотношения латеральных и апикальных плодовых почек, актуален для поиска ценных форм во время экспедиций [3].

В отечественной селекции данная методика не практиковалась, однако на сегодняшний день, с ее использованием селекционерами СКФНЦСВВ отобрана по признаку урожайности селекционная форма ореха грецкого Конкистадор.

У деревьев с латеральным типом плодоношения чрезвычайно короткая ювенильная стадия, то есть уже через два-три года после высадки они вступают в плодоношение, потенциал их урожайности очень велик, а во взрослом состоянии, которое достигается около 8 лет после высадки, такие формы в условиях Франции дают урожай более пяти тонн с гектара [84].

Этот тип плодоношения встречается в популяциях орехов произрастающих в бассейне Средиземного моря, в Испании, Португалии, Сицилии, Греции и Израиле, а также в Иране, Азиатских республиках бывшего Советского Союза и в Западном Китае.

Он также был обнаружен в популяциях грецкого ореха в Чили, сеянцы которого, интродуцированы в Южную Америку Испанскими и Португальскими конкистадорами. Этот тип цветения попал в Южную Калифорнию в конце XIX века, вместе с саженцами импортированными из Чили. Рауне (Пейн) был первым сортом с цветением такого типа, он был получен в 1898 году в Калифорнии.

Marchetti (Маркетти) – Калифорнийский сорт полученный от Рауне, а также некоторые их потомки, выпущенные Университетом Калифорнии, редко используются на сегодняшний день в селекционных программах по латеральному плодоношению [112].

Данные сорта, активно использовавшиеся на ранних этапах селекции калифорнийскими селекционерами, послужили родительскими формами для многих селекционных форм. Однако, будучи сами полученными из небольшой по генетическому разнообразию группы, страдающей от негативных эффектов инбридинга (эффект бутылочного горлышка), при скрещивании между собой нередко могли давать слабое, нежизнеспособное потомство [84]. Поэтому, в селекционных программах США по грецкому ореху задействуется широкий спектр мировой генплазмы.

Из сортов, получивших широкое распространение в странах с развитым производством ореха грецкого, более 80% обладают латеральным типом

плодоношения. На основании вышесказанного, можно заключить, что использование форм с латеральным плодоношением является чрезвычайно перспективным направлением в селекции грецкого ореха, однако следует по возможности оценивать используемые генресурсы на генетический полиморфизм, подбирая генетически дистанцированные варианты [144].

У ореха грецкого, урожайность значимо коррелирует с количеством женских цветков образующихся из боковых и апикальных почек, качеством и размером плодов. Кроме того, размер дерева и его переход к плодоношению в ранний период, зависящие от подвоя и сорта, можно также отнести к важным характеристикам урожайности. Некоторые мелкие деревья ореха могут давать больший урожай, чем рослые, если оценивать урожайность на единицу площади.

Основываясь на этих факторах, сорта должны иметь более 30-40% плодовых завязей в латеральных побегах, помимо верхушечных и приверхушечных [139, 92, 100].

Hendricks (1995) доложил, что сорта Payne, Ashley, Serr, Vina, Tulare, Howard, Chandler, Hartley и Franquette в Калифорнии продуцируют латеральные плодовые почки приблизительно в 80%, 90%, 50%, 60%, 82%, 80%, 66%, 5-6% и около 5% от всех почек, соответственно [90].

Celebioglu et al. (1988) пишет, что процент латеральных почек с женскими цветками в турецких сортах Yalova-1, Kap-86, Sebin и т.д. варьирует в пределах от 20 до 70% [66].

Большая часть сортов ореха грецкого, полученных в ходе селекционных программ в США и Франции обладают хорошо выраженным латеральным плодоношением. В селекционной программе США по грецкому ореху этот признак широко применялся с XIX века.

Во Франции, где большую роль играет позднее цветение и начало вегетации данный признак был в массовом порядке интродуцирован из американской генплазмы. Стародавний сорт французской селекции Franquette дает только 6%

плодов в латеральных побегах, однако обладает поздним началом вегетации и цветением.

На основе гибридизации Franquette, Mayette и ряда некоторых высокоурожайных сортов селекции США были созданы представители французской селекции с хорошо выраженным латеральным плодоношением: Fernor, Ferjean, Fernette, и др.

**Позднее начало вегетации.** Этот признак является ценным в тех странах, где высок риск поздних весенних заморозков. За исключением мест с мягкими зимами, закалка растений происходит уже в конце декабря, и время распускания листьев зависит только от способности каждой формы реагировать на повышение температур.

При температурах ниже 12 градусов Цельсия, почки рано вегетирующих форм развиваются быстрее, чем у сортов с поздним раскрытием листьев. Это объясняет большой разброс времени раскрытия почек у различных генотипов [84].

Во Франции распускание листьев происходит между серединой марта и серединой июня, в течении 2 месяцев. В Краснодарском крае начало вегетации большинства ранних сортов грецкого ореха происходит в третьей декаде марта – первой апреля.

Появление плодовых почек происходит через 2 недели после начала вегетации. Цветение начинается через месяц после начала вегетации. Формы из Калифорнии и Средиземноморской зоны очень рано распускают почки [21].

Подобное раннее распускание происходит у сортов континентальных стран, типа Германии, Восточной Европы, стран бывшего Советского Союза, Ирана, Центральной Азии и Маньчжурии. С другой стороны, большинство Французских, Словенских и Хорватских сортов, поздно распускают почки, т.е. в конце апреля, в начале Мая, и являются ценным источником этого признака[84].

**Апомиксис** определяется как закладка плодов в отсутствие опыления или оплодотворения. Апомиксис может быть полезен в зонах, где весенние заморозки поражают мужские соцветия до того, как произойдет выброс пыльцы.

Этот признак имеется у некоторых форм из континентальных стран, в частности в Центральной и Восточной Европе, а так же в Китае. Замечено, что апомиктичные формы грецкого ореха характеризуются более стабильной урожайностью.

Доля апомиктичных плодов у форм с выраженным проявлением признака, как правило, не велика и колеблется приблизительно в пределах 8-12%, однако есть данные о значительном проявлении признака 23,5 и даже 81,2%, пожалуй, наивысшие результаты были получены в исследованиях Guo-Liang et al. 2007, в условиях Китая, где анализируемый сорт Qinquan1 продуцировал до 75.7% апомиктичных плодов, при среднем значении в 48,5% [69, 86, 104, 141].

**Гомогамия и протогиния.** Эти фенологические признаки могут также представлять интерес для селекции. Гомогамия, определяется, как синхронизация цветения мужских и женских цветов, обеспечивающая прекрасное опыление, так как грецкий орех самофертилен.

Протогиния, определяется как появление женских цветов, до того, как мужские начнут пылить, она может быть полезна в селекции для перекрестного опыления, так как большинство культивируемых сортов, как правило, распыляют пыльцу до того, как пестики выйдут на пик восприимчивости.

Такие протогиничные сорта широко распространены как в Восточной Европе, так и в Центральной Азии [103].

**Отсутствие требований к закалке.** Большая часть форм ореха грецкого после прекращения вегетации требует периода около двух недель с температурами не более 7 градусов для нормального выхода из состояния покоя. В том случае, если подобного не происходит, выход из состояния покоя сильно затягивается.

Таким образом, рассматриваемый признак может быть важен в странах с очень мягкими зимами, где редки температуры ниже 7 градусов, требующиеся для нормального выхода из зимнего покоя. Такие популяции грецкого ореха существуют в странах Средиземноморского бассейна и на острове Мадера [84].

**Зимостойкость.** В областях с очень холодными зимами, необходима высокая степень устойчивости к низким температурам. Вследствие наличия стресс-факторов в зимний период, зимостойкость и морозостойкость являются важнейшими составляющими понятия «адаптивный сорт», и основным направлением в адаптивной селекции зон с высокой вероятностью низких отрицательных температур в зимний период [20].

Этот признак сцеплен с высоким уровнем покоя ранней зимой, а также связан со скороспелостью и ранним листопадом. Остановка активной вегетации ранней осенью делает деревья более толерантными к внезапным падениям температур поздней осенью. Данный признак имеют многочисленные формы и популяции, произрастающие в континентальном климате [84].

Что касается физиологических аспектов холодоустойчивости, то ее уровень зависит от концентрации белков холодового стресса, осмотического давления клеточного сока вследствие накопления продуктов углеводного и белкового обмена и перехода воды из клеток в межклетники [121].

Использование данных качеств в селекции ведет к стабилизации урожайности в областях с высокой вероятностью сильных зимних морозов. При высокой морозоустойчивости, орех грецкий может давать стабильные урожаи после продолжительных зимних морозов до  $-35^{\circ}\text{C}$ . В таких странах как США, Германия, Белоруссия, Нидерланды и т. д. созданы сорта, обладающие подобными качествами [84].

У сортов и форм ореха грецкого, малоустойчивых к морозам, даже двадцатиградусный мороз, в сочетании с сильным ветром может вызвать

повреждение не только однолетних приростов, формирующих урожай, но даже вызвать отмирание целых скелетных ветвей и гибель дерева [40].

Отмечено, что большая часть высокоурожайных форм с латеральным типом плодоношения и сдержанным ростом, относящиеся к подвиду *J.regia var. biflorens* (вопрос о выделении данного подвида является дискуссионным), характерными представителями которой являются сорта Идеал, Payne, Yalova-1 и т. д. обладают крайне низкой морозоустойчивостью, что делает их непригодными для выращивания в областях с сильными морозами [30].

Многие ценные, с позиций урожайности сорта, районированные в России, страдают от зимних морозов, что приводит к частичной или полной потере урожая и значительным повреждениям плодовых насаждений [23].

Известно, что уровень продуктивности сорта генетически детерминирован на полигенной основе. Однако, следует помнить, что наследуется не конкретные показатели, а норма реакции на условия окружающей среды.

Каким будет реальный урожай сорта – зависит от тех погодных условий, в которых развиваются растения ореха грецкого. Отклонения условий среды от оптимальных для жизнедеятельности растений, приводит к снижению уровня урожая и даже полной их гибели. Иными словами, в зависимости от конкретных условий среды потенциальная урожайность сорта может быть реализована в пределах от 0 до 100 % [7, 10, 11].

На продуктивность ореховых растений оказывают влияние многие факторы среды, однако наиболее существенна зависимость урожая от погодных условий в течение года, в частности, от экстремальных (стрессовых) факторов, таких как: критические морозы в зимний период; возвратные холода после продолжительной оттепели; заморозки, дожди, туманы в период распускания почек – цветения; ежегодная вероятность высоких температур в летний период на фоне дефицита естественных осадков.

Эти метеорологические факторы являются лимитирующими для успешного произрастания ореха грецкого на территории Северного Кавказа. Поэтому всестороннее изучение связей в системе «условия среды – урожай растений» имеет важное научно-практическое значение.

Селекционерами Северо-Кавказского зонального НИИ садоводства и виноградарства созданы сорта ореха грецкого, имеющие потенциал урожайности более 25 ц/га. Однако фактическая урожайность в условиях производства в 3–4 раза ниже. Основная причина низкой продуктивности – недостаточный потенциал зимостойкости у культивируемых сортов [41].

Поэтому создание сортов ореха грецкого устойчивых к холодовому стрессу является одной из актуальных проблем для их возделывания в условиях юга России. Как бы ни был хорош сорт по качеству плодов и другим агробиологическим признакам и свойствам, он не может получить широкого распространения в южном регионе, если характеризуется недостаточной зимостойкостью.

Как известно, орех грецкий отличается коротким периодом зимнего покоя и поэтому наибольшее значение для него имеют погодные условия осенне-зимне-весеннего периода.

Изучение связи между развитием растений и климатом позволяет определить экологический оптимум регулярного плодоношения ореха грецкого.

Реакция растений на зимне-весенние условия определяется по фазе начала роста мужских сережек и смешанных почек. Наступление этой фенофазы свидетельствует об окончании зимнего вынужденного покоя. При дальнейшем воздействии положительных температур воздуха растения вступают в фазу активного роста и развития генеративных почек.

С наступлением этого состояния (раздвижение чешуй) генеративные почки теряют прежнюю устойчивость к морозам, что может привести не только к сильному их подмерзанию, но и полному вымерзанию плодовой древесины.

Следовательно, районы, где часто случаются заморозки после распускания плодовых почек, приводящие к их вымерзанию, считают непригодными для промышленного выращивания ореха грецкого.

Анализ данных многочисленных исследований климатических условий произрастания ореха грецкого показал, что наиболее благоприятными для роста, развития и плодоношения ореха грецкого, при наличии достаточной обеспеченности водой (а в богарных условиях выпадением не менее 550–600 мм годовых осадков с равномерным их распределением по сезонам года), считаются районы, где сумма активных температур за вегетационный период около 2300 °С, среднегодовая температура воздуха составляет +8...+10 °С.

Средняя температура самого теплого месяца – не ниже +20 °С, продолжительность безморозного периода не менее 200–220 дней, с периодом вегетации равным 150–170 дням, а минимальная температура воздуха редко опускается ниже –21...–23 °С и возвратные заморозки, после распускания плодовых почек, не часты и мало вредоносны [14, 15, 27, 36, 37, 40, 43].

Однако, имеются сведения о том, что орех может выдерживать без существенных повреждений и более низкие температуры в зимний период, когда деревья находятся в состоянии глубокого покоя. Так, в местах естественного произрастания в высокогорных условиях Ирана и Афганистана орех выдерживает зимой морозы, превышающие 30°С [43].

Аналогичная реакция ореховых растений на низкие температуры отмечены И.Г. Караваевым и др. для условий Таджикистана, хотя в некоторые годы при такой температуре (–29...–30°С) происходит гибель 1–2-летней древесины и почек, в связи с чем отсутствует урожай. По С.С. Калмыкову грецкий орех в горных условиях Узбекистана выдерживает морозы до –25°С [14, 15].

В Молдавии отмечены случаи когда он перенес без существенных повреждений понижение температуры до –29°С, в Болгарии – до –30°С, а в

Воронежской области и на Украине – до  $-40^{\circ}\text{C}$  и плодоносил [6, 8, 27, 28, 40, 43]. Следует указать на малоинформативность этих сообщений.

Исследователи не дают подробного анализа температурных условий, предшествующих критическим температурам, не указывают возраста насаждений, их происхождения, фенофазы и этапы органогенеза в период резких похолоданий. Отсутствуют данные о реакции сортов и форм на критические для перезимовки ореха температуры воздуха.

По данным И.П. Цуркан различные части дерева ореха имеют неодинаковую морозоустойчивость. Так, в условиях Молдавии при морозе  $-25^{\circ}\text{C}$ ,  $-27^{\circ}\text{C}$  повреждаются мужские серёжки и часть вегетативных почек, при  $-28$ ,  $-29^{\circ}\text{C}$  – однолетний прирост,  $-30^{\circ}\text{C}$  – скелетные ветви, а иногда и всё дерево до уровня корневой шейки. Скелетные ветви повреждаются, как правило, с южной стороны, образуя сильные ожоги на коре штамба [43].

По сведениям А.А. Петросяна (1966) на Северном Кавказе орех грецкий отличается большей зимостойкостью, чем некоторые плодовые растения. Так, анализируя данные по устойчивости плодовых к низким зимним температурам в окрестностях г. Краснодара за период 1958–1965 гг. он пришел к выводу о том, что абрикос, персик, алыча, некоторые сорта вишни и сливы по 2–3 года были без урожая, вследствие гибели цветковых почек зимой, в то же время деревья ореха не имели никаких морозных повреждений и нормально плодоносили [30].

По сообщению А.К. Каирова (1978) в предгорных условиях Кабардино-Балкарии орех подмерзает редко и слабо. Особенно подмерзают в разной степени однолетние сильные побеги (приросты), редко – скелетные ветви и плодовые образования. Районы, где безморозный период в среднем составляет 200–250 дней и морозы в зимнее время большей частью не превышают  $-25^{\circ}\text{C}$ , являются лучшими для промышленной культуры ореха грецкого [13].

Однако, по данным П.В. Кузнецова (1976) , в наиболее перспективных для культуры ореха грецкого подгорных и центральных природно-экономических

зонах Ставропольского края позднеосенние заморозки и сильные морозы в пределах  $-31...-36^{\circ}\text{C}$  (в отдельные редкие годы) наносят существенные повреждения менее зимостойким формам и сортам ореха. В такие годы наблюдается подмерзание цветков, подмерзание и вымерзание обрастающих веточек и даже скелетных ветвей [18].

По данным В.А. Олисаева (1976) в условиях Северной Осетии в зиму 1968/69 гг., характеризующейся большой амплитудой колебания температуры (резкая смена теплых и холодных дней, большая разность между температурой в дневное и ночное время), больше пострадали стволы деревьев, которые получили морозобойные трещины и солнечные ожоги [28].

Тогда как в холодную и продолжительную зиму 1971/72 гг. в большей степени обмёрзли кроны и в меньшей – стволы. К сожалению, не приводятся данные по силе мороза, их продолжительности, фазе развития, урожайности.

**Толерантность к бактериозу и марсониизу.** В последнее время, неуклонно возрастает роль сортов плодовых культур, наиболее адаптированных к комплексу неблагоприятных условий окружающей среды, в том числе иммунных и высоко устойчивых к основным грибным заболеваниям [39].

Бактериоз, или бактериальный ожог – поражение листьев и плодов ореха грецкого патогенами бактериальной природы, в первую очередь *Xanthomonas campestris* pv. *juglandis* (Pierce) Dye [89]. При сильном развитии данное заболевание приводит к существенным потерям урожая (60% и более). К настоящему времени, не было обнаружено устойчивых к бактериозу форм внутри вида *Juglans regia* L. Все новые сорта более или менее чувствительны к нему. Обследования профинансированные Евросоюзом в настоящее время проводятся с целью поиска источников устойчивости в локальных популяциях Северо-Восточной Испании и Северной Португалии.

Эти области имеют сравнительно теплый климат и обильные осадки летом, оба фактора чрезвычайно благоприятны для развития бактериоза. Некоторые

деревья из обследованных не обнаружили никаких симптомов и находятся в стадии дальнейшей оценки. Другой путь борьбы с бактериозом – создание поздних по срокам распускания листьев сортов, поскольку количество осадков, которые подстегивают инфекцию, снижается с наступлением лета [84].

Наиболее распространенным и вредоносным заболеванием ореха грецкого в условиях Северо-Кавказского региона является бурая пятнистость, или марсония, вызываемая грибом *Ophiognomonia leptostyla*, а также представителями родов *Fusarium* и *Xanthomonas* [114].

Поражаются листья, плоды, побеги, что приводит к снижению урожая (у некоторых сортов до 80-100 %), ухудшению товарности получаемой продукции и ослаблению зимостойкости растений [20].

Марсония особенно вирулентное заболевание в Восточной Европе и Турции. В этих странах велась селекция на низкую чувствительность форм и образцы сортов данных регионов могут быть использованы в качестве источников устойчивости [76]. При подборе родительских пар, обеспечивающих устойчивость к марсонии, в качестве одной из исходных форм следует использовать высоко устойчивые к этому заболеванию молдавские сорта Казаку, Kriuljanskji, американский сорт Setg или турецкие сорта Bilecik и Акса 1 [84].

**Качество плодов и ядра.** Высокое качество орехов и ядра является важнейшим признаком сорта. Размер ореха должен быть большим для рынка неочищенных орехов (12-14 г и более) и более мелким или средним для рынка очищенных орехов (9-11 г). Главная цель селекции на форму ореха заключается в получении правильной, сглаженной формы.

Скорлупа должна быть относительно тонкой (0,8 – 1,2 мм), легко раскалывающейся, гладкой, округлой, и со сглаженными ребрами. Две последних характеристики очень важны для 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. Выше этой границы, скорлупа слишком тонкая и легко преодолевается различного рода патогенами, а также может быть расколота при транспортировке. Если же вес ядра ниже 48%, такой орех считается низкокачественным. Легкое извлечение ядра из скорлупы является важным фактором, не только при продаже в скорлупе, но и при механической обработке [76].

Цвет оболочки ядра, является не только фактором, влияющим на внешний вид и привлекательность ореха, но и напрямую влияющим на вкусовые качества. Темный цвет оболочки, как правило, отражает высокое содержание коричных кислот и дубильных веществ, придающих горький и терпкий вкус.

**Скороплодность.** Ювенильный период ореха грецкого достаточно продолжителен. По разным данным, наиболее распространены формы с ювенильным периодом в 5-6 лет, однако существуют формы плодоносящие на 12 год вегетации. Естественно, при промышленном возделывании ореха грецкого, продолжительность ювенильного периода является чрезвычайно важным фактором, влияющим на экономические показатели и применяемые технологические регламенты [130].

В странах-производителях ореха грецкого ведется селекция на скороплодность. В зависимости от климата и имеющихся генетических ресурсов, данный показатель может варьировать. Согласно данным Germain 1997 , в ходе селекционной программы во Франции, получены формы ореха грецкого, плодоносящие на первом году вегетации [84]. В Иране, согласно данным R. Rezaee et al. 2009 , плодоношение происходит только на второй год вегетации, аналогичная картина характерна для наиболее скороплодных форм генетической коллекции ореха грецкого в Краснодарском крае [130].

Скороплодность - комплексный признак, неотъемлемый для сортов ореха грецкого интенсивного типа. Основными ее генетически контролируемые составными являются: длительность ювенильного периода, энергия роста и

ветвления гибридных сеянцев, способность интенсивно закладывать плодовые почки не только в верхушечной почке, но и ниже расположенных боковых почках на однолетних приростах. Главное отличие скороплодных форм ореха грецкого от обычных – их раннее (на 2-3-й год жизни) плодоношение [111].

Важно отметить, что в стандартном сорimente ореха грецкого северокавказского региона преобладают сорта, характеризующиеся сравнительно поздним вступлением в пору плодоношения. Дефицит скороплодных сортов ореха в регионе обуславливает высокую актуальность селекционных работ в этом направлении.

**Сдержанный рост.** Фенотипическое разнообразие габитуса форм ореха грецкого очень велико. Тем не менее, так сложилось исторически, что для селекции ореха грецкого использовались достаточно высокорослые или среднерослые формы. Отчасти это может быть связано с тем, что древесина ореха грецкого высоко ценится, и, используя формы с высокой силой роста, селекционеры рассчитывали помимо спроса на плоды ореха грецкого, удовлетворить и существующий спрос на древесину [130].

В конце 20 века стали активно внедряться сады интенсивного типа, наиболее эффективно использующие биологический потенциал культуры. Низкорослые спуровые формы, используемые в данной технологии были получены для большинства плодовых культур.

Однако и на сегодняшний день, сортимент ореха грецкого во всем мире, насчитывает весьма ограниченный перечень сортов и подвоев, отвечающих требованиям садов интенсивного типа. Карликовые и полукарликовые формы ореха грецкого встречаются в средней Азии [61, 84]. Такие формы также характеризуются таким ценнейшим признаком, как повышенная способность к укоренению при вертикальной отводке [146].

На сегодняшний день, большинство форм ореха грецкого, характеризующихся исследователями, как карликовые или же полукарликовые не

превышают 8 м в высоту. Эти формы рано вступают в плодоношение (в большинстве случаев на 2-3 год), отличаются преимущественной закладкой плодовых почек, а, следовательно, в короткий срок выходят на плато по урожайности.

Однако период зрелости у них значительно короче, нежели у большинства сильнорослых деревьев и составляет 20-25 лет, тогда как большинство деревьев с преимущественной закладкой вегетативных почек живут 120-150 лет и более.

Значительным недостатком карликов и полукарликов является низкое качество плодов, а также мелкий (9-10 грамм и менее) размер плодов.

В целом, карликовые и полукарликовые формы представляют интерес для селекции с точки зрения получения подвоев, способных к вегетативному размножению, а также сортов приспособленных для насаждений с высокой плотностью посадки [130].

Проявление признаков и качеств, представляющих интерес для селекции ореха грецкого, варьируют в значительной мере, в зависимости от региона произрастания, что обусловлено с одной стороны воздействием климатических и почвенных факторов, происхождением и возрастом популяции с другой. Задачей современной селекции видится не только накопление и обобщение знаний о данной культуре, но и активное внедрение этих знаний в селекционные программы. Наряду с использованием тех или иных источников и доноров ценных признаков, следует оценивать полиморфизм используемой генплазмы, во избежание негативных эффектов инбридинга.

**Засухоустойчивость.** Орех грецкий относится к группе типичных мезофитов, экологическая природа которого требует достаточно хорошего обеспечения влагой. Поэтому при селекции сортов и форм ореха грецкого в южном регионе необходима характеристика их по засухо- и жароустойчивости, поскольку высокая температура воздуха и недостаток влаги в почве сдерживают в

первую очередь ростовые процессы и, как следствие, снижают урожай и качество плодов у выращиваемых растений.

Орех грецкий относится к теплолюбивым породам и поэтому в условиях Северного Кавказа деревья нередко повреждаются зимними морозами, но и очень высокие температуры воздуха также отрицательно сказываются на величине и качестве урожая, и в целом на общем состоянии растений. Например, в период цветения сухая жаркая погода приводит к иссушению рылец пестиков, что затрудняет прорастание на них пыльцевых зерен, отчего женские цветки не оплодотворяются и осыпаются.

Ряд исследователей сообщает, что повышение температуры воздуха в летний период выше 37 °С при дефиците влаги в почве вызывает значительную порчу плодов и преждевременное их осыпание с периферийной части кроны [36, 37, 40]. При солнечном ожоге в середине лета плоды плохо развиваются и образуют мелкие иссохшие ядра. Зимой по той же причине наблюдается сильное растрескивание и отслоение коры штамба.

По данным П.А. Гана (1970), оптимальные температуры воздуха для жизнедеятельности ореха грецкого при достаточной влажности воздуха находятся в пределах +20...+30 °С. Снижение и повышение температуры воздуха ниже – выше указанных пределов приводит к уменьшению интенсивности физиологических процессов у ореховых растений, а следовательно и к снижению их продуктивности [8].

**Продуктивность** является интегрирующим показателем, характеризующим биохозяйственную ценность сортообразцов. Она зависит от комплекса показателей: генотипа, возраста растений, интенсивности применяемой агротехники и погодных условий (критические зимние температуры, весенние заморозки, засухи и т.п.). В производственных условиях достоинства сорта в первую очередь оценивают по количеству фактического урожая [44].

По литературным данным установлена высокая степень влияния сорта на продуктивность садов. При этом во многих странах мира большое значение придается сорту как ведущему фактору роста урожаев [8, 28, 30, 35, 36, 40].

Так, например, по сообщениям И.П. Цуркан (1979) деревья ореха в условиях Молдавии начинают плодоносить на 5-й год после посадки в сад, а в возрасте 9-10 лет дают, в зависимости от сорта, до 20 кг орехов с одного дерева. По данным А. А. Рихтера, А.А. Ядрова (1985) в Киргизии деревья ореха в возрасте 50 лет ежегодно плодоносят в пределах 35-60 кг [16, 36, 40].

В условиях Узбекистана сорта Идеал и Узбекский скороплодный дают урожай уже на второй год после посадки в сад. В 5-летнем возрасте при надлежащем уходе урожай с дерева достигает 6-7 кг. В долинах юга Узбекистана при орошении 12-летние деревья ореха грецкого, привитые на сеянцах того же вида, при схеме размещения 12×10 м формируют урожай от 6 до 8 кг с одного дерева [22].

В 20-летнем возрасте урожайность с 1 га сада ореха грецкого составляет уже 24 ц. Благоприятные условия для выращивания ореха грецкого имеются во многих районах Крымской области (Ревин, А.А. 1976) . По сведениям Ф.Л. Щепотьева (1978) культура ореха возможна и перспективна в северных районах Украины. Так, в Купянском лесопитомнике 17-летние деревья на площади 9 га в урожайные годы дают до 1 т орехов с площади 1 га [35, 43].

Однако, автор не отмечает, как часто плодоносит здесь орех, в какой мере страдают деревья в годы суровых зим. В пределах РФ основные насаждения ореха грецкого сосредоточены в районах Северного Кавказа, охватывающих территорию от Ростовской области на севере до южных склонов гор Северного Кавказа. Ведущими зонами произрастания ореха в пределах Северного Кавказа являются Краснодарский и Ставропольский края, республики: Северная Осетия, Кабардино-Балкария, Ингушетия, Чеченская и Дагестан.

Основные его насаждения сконцентрированы в лесхозах. В садовой культуре орех возделывается в опытных учреждениях, в отдельных хозяйствах на небольших площадях, преимущественно в опытных и садозащитных насаждениях, а также на приусадебных участках садоводов-любителей. По сообщению А. К. Каирова в условиях Кабардино-Балкарии урожайность деревьев ореха существенно различается в зависимости от вертикальной зональности мест произрастания [13].

Так, урожайность 27-летних растений в горной зоне (высота 600-500 м над ур.м.) составляет 12 кг с дерева, в предгорной – 35 кг. В возрасте 50 лет в предгорной зоне урожайность с одного дерева равна 80 кг, в горной – 55 кг. В Ставропольском крае насаждения ореха грецкого имеют большое распространение лишь в южных и юго-западных районах, граничащих с Краснодарским краем [24].

Однако они периодически подмерзают, плодоношение их нерегулярное. Перспективными для культуры здесь могут быть морозостойкие формы, произрастающие в этих районах. По данным А.А. Петросяна (1969) эти сортоформы отличаются не только высокой морозостойкостью, но и хорошей урожайностью – до 10 кг и более с одного дерева [29].

В Краснодарском крае большинство районов, особенно примыкающих к черноморскому побережью, более благоприятны для культуры ореха грецкого, чем в Ставропольском крае. Поэтому здесь орех грецкий получил широкое распространение.

Старые деревья в возрасте более 100 лет сохранились не только в прибрежной зоне края, но и на Михайловском перевале. Это растения, а также новые насаждения, созданные во второй половине 20 века, характеризуются достаточной урожайностью и регулярным плодоношением [13].

Учитывая важную роль сорта, условий произрастания в создании продуктивных ореховых садов, нами проведено изучение основных признаков,

характеризующих урожайность насаждений и выделены лучшие генотипы выращивания в условиях южной зоны садоводства [25].

### **1.3 Молекулярные маркеры в селекции ореха грецкого**

Фенотипические данные, собранные путем наблюдения, служат основой для селекции со времен ее возникновения. Однако в работе с фенотипическими данными приходится мириться с рядом недостатков: зависимость от условий среды, проявление на поздних стадиях онтогенеза, сложность в идентификации механизма наследования и др.

С появлением молекулярных маркеров ряд этих недостатков был преодолен, что обеспечило ряд прорывов в понимании эволюционных процессов и в селекции.

Наиболее ранние работы по молекулярной биологии ореха грецкого использовали в качестве маркеров изоферменты [48, 117, 141, 150]. Белковые маркеры применялись для анализа генетического разнообразия, как на межвидовом, так и на внутривидовом уровне. Для исследований использовали белки листьев, плодов и пыльцы [140].

Однако в начале 1990-х активизировался интерес к ДНК-маркерам, как к более надежным источникам информации. ДНК-маркеры применимы на любой стадии вегетации, и их можно выделить из любой ткани, в отличие от белковых маркеров.

Первыми ДНК-маркерами, примененными для исследования ореха грецкого были RFLP-маркеры (Restriction fragment length polymorphism). Данные маркеры не требуют знания первичной последовательности и используют полиморфизм в сайтах узнавания рестриктаз. Одним из первых исследований с применением данной маркерной системы была работа калифорнийских ученых [77]. Они составили дендрограмму по методу невзвешенного попарного среднего (UPGMA), с участием генплазмы из США, Ирана, Франции, Непала, Китая и

Японии. Согласно полученным данным, генотипы из США ближе генотипам из Ирана и Франции, нежели всем прочим. Эти данные в последствии были подтверждены дальнейшими исследованиями, с использованием других методик, что свидетельствует в пользу данного метода.

Однако, исследования с использованием ПДРФ-маркеров (Полиморфизм длин рестрицированных фрагментов, синоним RFLP) требуют большого количества чистой геномной ДНК, сложны в исполнении и при этом не обладают достаточной степенью полиморфизма.

С открытием PCR (polymerase chain reaction), появились ряд методов, использующих данную реакцию. Большую популярность набрали методы, не требующие предварительного секвенирования – RAPD-маркирование (Random amplification of polymorphic DNA) и AFLP-маркирование (Amplified fragment length polymorphism) [52, 95, 152].

В работе Wang et al. 2011 был проанализирован 131 генотип ореха грецкого с использованием 20 AFLP-маркеров. Были получены 1643 фрагмента, 1512 из которых были полиморфными. Анализ такого количества данных и их интерпретация чрезвычайно трудоемкий процесс [151].

Также не требует предварительного секвенирования анализ полиморфизма инвертированных повторов (ISSR). Основой ISSR-метода или анализа полиморфных участков ДНК между микросателлитами, является ПЦР с одним или несколькими праймерами длиной в 15–24 нуклеотида, но праймеры состоят из тандемных коротких 2–4 нуклеотидных повторов, например 5'-CACACACACACACACAG, и одного селективного нуклеотида на 3'-конце праймера. Такие праймеры амплифицируют фрагменты ДНК, которые находятся между двумя достаточно близко расположенными микросателлитными повторами [63].

Продукты ISSR амплификации содержат на флангах инвертированную микросателлитную последовательность праймера. По сравнению с RAPD-

методом увеличивается точность отжига и уменьшается его «случайность», или анонимность. Как и RAPD, ISSR не требует предварительного клонирования и секвенирования фрагментов для подбора праймеров. Метод воспроизводим в строгих условиях реакции. [116, 129].

Среди ДНК-маркеров, микросателлитные или SSR (simple sequence repeats) являются наиболее актуальными, благодаря их высокому полиморфизму, кодоминантному типу наследования, репрезентативности и легкости идентификации с помощью ПЦР [71, 87, 106, 143]. Эти достоинства SSR-маркеров вызвали большой интерес исследователей генетического разнообразия ореха грецкого.

Первоначально, до секвенирования генома ореха грецкого, исследователи пользовались набором из 30 SSR-маркеров разработанных на основе сиквенса ореха черного (*Juglans nigra*) коллективом Woeste et al., 2002. Dengl et al., 2005, использовал 14 из этих микросателлитов для анализа 48 генотипов ореха грецкого [70, 133, 149, 154].

Из этого набора образцов было идентифицировано 44 индивидуальных профиля, а оставшиеся 4 представляли собой сорта-синонимы. Foroni et al., 2006., применил всего 9 маркеров из созданного K.Woeste набора, для анализа 6 европейских сортов. Wang et al., 2008, провел исследование 4 популяций *J. sigillata* и 5 *J. regia* с использованием 9 SSR-маркеров, анализ полученных данных свидетельствовал о высокой степени генетической близости этих видов [79, 151, 154].

Pollegioni et al., провела анализ 138 генотипов грецкого и черного ореха, а также их гибридов [126]. Gunn et al. 2010, провели анализ 220 генотипов *J. regia* и *J. sigillata* по 14 SSR-локусам. Ruiz-Garcia et al. 2013, провел исследование с помощью 19 SSR-маркеров на 58 сортах испанской коллекции ореха грецкого [125, 85, 136].

То, что исследования с разработкой новых SSR-маркеров продолжают публиковаться свидетельствует о высокой актуальности данного направления. Серьезным вкладом в изучение генетического разнообразия ореха грецкого является полномасштабное секвенирование широко распространенного на западе сорта Chandler.

Использование нейтральных геномных маркеров, таких как микросателлиты, доказало свою эффективность на протяжении многих лет использования для изучения генетического разнообразия различных культурных растений, в том числе ореха грецкого. Большое количество работ связанных с историей распространения ореха грецкого и изучением его генетического разнообразия свидетельствует об актуальности данного вопроса [47, 60, 64, 67, 68, 70, 73, 127, 128, 134, 136, 147]. Наиболее эффективными и доступными из рассмотренных, можно считать SSR-маркеры. На сегодняшний день, генофонд ореха грецкого РФ не был исследован ни одним типом маркеров. Таким образом, изучение генетического полиморфизма ореха грецкого на территории России с помощью SSR-маркеров является актуальной научной задачей.

## 2 ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Объекты исследований

Работа выполнена в Северо-Кавказском Федеральном научном центре садоводства, виноградарства, виноделия в 2012 – 2019 годах. Биологическими объектами исследования послужили сорта и гибридные формы ореха грецкого, из коллекции СКФНЦСВВ. Краткая характеристика исходного материала ореха грецкого приведена в таблице 1.

Таблица 1. Сорта и формы ореха грецкого коллекций СКФНЦСВВ, используемые в работе.

№	Название сорта	Селекционный номер	Год посадки	Происхождение
1	Аврора-2 (к)	Г-I-18	1990	Пелан X Изящный
2	Альбатрос	Г-II-1	1990	Пелан X Изящный
3	Венгерский 5м	Я-Р-5	1990	Венгрия (семенной материал)
4	Водник	Я-Р-19	1990	Средняя Азия
5	Гарант	Г-I-6	1990	Пелан X Изящный
6	Земляк	МП-60	1990	Сеянец местной популяции
7	Дар Кубани	Г-I-10	1990	Пелан X Изящный
8	Командор	Я-Р-2	1990	Средняя Азия (Родина)
9	Конкистадор	МП-97	2004	Средняя Азия сеянец F2 Юбилейный
10	Крепыш	Г-I-17	1990	Пелан X Изящный
11	Находка	Г-I-25	1990	Пелан X Изящный
12	Новинка	МП-10	1990	Сеянец местной популяции
13	Русь	Я-Р-22	1990	Средняя Азия (Родина)
14	Сатурн	МП-34	1990	Сеянец местной популяции
15	Славянин	МП-25	1990	Сеянец местной популяции
16	Сокол	МП-49	1990	Сеянец местной популяции
17	Стимул	МП-26	1990	Сеянец местной популяции
18	Теркин	Г-I-22	1990	Пелан X Изящный
19	Тимур	МП-67	1990	Сеянец местной популяции
20	Труженик	МП-70	1990	Сеянец местной популяции
21	Щедрый	Г-I-31	1990	Пелан X Изящный

Продолжение таблицы 1

22	Дачный*	-	-	Средняя Азия Сеянец F2 сорта Идеал
23	Десертный*	-	-	Сеянец местной популяции
24	Заря Востока*	-	-	Сеянец местной популяции
25	Изящный*	-	-	Сеянец местной популяции
26	Любимый Петросяна*	-	-	Сеянец местной популяции
27	Масленичный*	-	-	Сеянец местной популяции
28	Надежда*	-	-	Сеянец местной популяции
29	Овен*	-	-	Пелан X Изящный
30	Пелан*	-	-	Сеянец местной популяции
31	Родина*	-	-	Сеянец местной популяции
32	Селекционер*	-	-	Сеянец местной популяции
33	Урожайный*	-	-	Сеянец местной популяции
34	Липин*	-	-	Китай (семенной материал)
35	Тхакушиновский*	-	-	Сеянец сортотипа «Идеал»

Примечание: \* формы и сорта, по которым проведен только анализ микросателлитных локусов

Для анализа генетического разнообразия микросателлитных локусов, наряду с сортами из коллекции генетических ресурсов СКФНЦСВВ, были использованы образцы из коллекций Никитского ботанического сада (Республика Крым) и коллекции Gospadarul rediu (Республика Молдова), названия сортов и форм приведены в таблице 2.

Таблица 2. Сорта и формы полученные из коллекции НБС и Молдовы.

№	Название сорта	Происхождение	Источник
1	Бурлюк	Отбор местных сеянцев Республики Крым	Коллекция НБС
2	Скабери	Отбор местных сеянцев Республики Крым	Коллекция НБС
3	Крымский скороплодный	Отбор местных сеянцев Республики Крым	Коллекция НБС
4	Поздноцветущий	Отбор местных сеянцев Республики Крым	Коллекция НБС
5	Булганак	Отбор местных сеянцев Республики Крым	Коллекция НБС
6	Конкурсный	Отбор местных сеянцев Республики Крым	Коллекция НБС

Продолжение таблицы 2

7	Памяти Пасенкова	Отбор местных сеянцев Республики Крым	Коллекция НБС
8	Малосадовый	Отбор местных сеянцев Республики Крым	Коллекция НБС
9	Подарок Валентины	Отбор местных сеянцев Республики Крым	Коллекция НБС
10	Бельбекский ранний	Отбор местных сеянцев Республики Крым	Коллекция НБС
11	Альминский	Отбор местных сеянцев Республики Крым	Коллекция НБС
12	Карлик-3	Мутационная селекция	Коллекция НБС
13	Карлик-5	Мутационная селекция	Коллекция НБС
14	Кодрене	Отбор местных сеянцев Республики Молдова	Коллекция из Республики Молдова
15	Лунгуице	Отбор местных сеянцев Республики Молдова	Коллекция из Республики Молдова
16	Костюженский	Отбор местных сеянцев Республики Молдова	Коллекция из Республики Молдова
17	Песчанский	Отбор местных сеянцев Республики Молдова	Коллекция из Республики Молдова
18	Форма 8м	Гибридный сеянец	Коллекция из Республики Молдова
19	Кожевуский	Отбор местных сеянцев Республики Молдова	Коллекция из Республики Молдова
20	Казаку	Отбор местных сеянцев Республики Молдова	Коллекция из Республики Молдова
21	Фалешский	Отбор местных сеянцев Республики Молдова	Коллекция из Республики Молдова
22	Данилевский	Отбор местных сеянцев Республики Молдова	Коллекция из Республики Молдова
23	Плин	Отбор местных сеянцев Республики Молдова	Коллекция из Республики Молдова
24	Трифанов латерал	Отбор местных сеянцев Республики Молдова	Коллекция из Республики Молдова
25	Вина	Сорт селекции UC Davis, США	Коллекция из Республики Молдова
26	Жубьерка	Отбор местных сеянцев Республики Молдова	Коллекция из Республики Молдова
27	Чандлер	Сорт селекции UC Davis, США	Коллекция из Республики Молдова

## 2.2 Место и условия проведения исследований

Исследования проводились в селекционном саду ЗАО ОПХ «Центральное» СКФНЦСВВ, которое расположено в центральной части Прикубанской зоны садоводства Краснодарского края, лаборатории сортоизучения и селекции садовых культур, селекционно-биотехнологической лаборатории.

Объектом для изучения послужила коллекция ценных исходных сортоформ ореха грецкого местной и инорайонной селекции и созданный на их основе методом аналитической и синтетической селекции гибридный фонд, насчитывающий отборных, перспективных и элитных сортоформ в первичном сортоизучении и конкурсном сортоиспытании, из них: 20 - 1990 г. посадки по схеме 10x5 м и 1 шт. – 2004 г. посадки по схеме 5x4 м. За контроль принят стандартный сорт «Аврора-2». Междурядья содержались под естественным задернением. Защитные мероприятия против вредителей и болезней в опытных насаждениях не проводились.

Природная зона, где расположено опытное хозяйство находится на высоте 30 – 32 м над уровнем моря. Рельеф выровненный, со слабым склоном территории хозяйства к югу. По геоморфологическому районированию Краснодарского края его территория входит в Прикубанскую равнину.

Климат. Территория хозяйства входит в третий агроклиматический район и характеризуется умеренно-континентальным климатом. Среднегодовое количество осадков составляет 672 мм с колебаниями в пределах 560–784 мм [9]. Коэффициент увлажнения (К.У.) равен 0,30-0,40, а среднее многолетнее по Краснодарскому краю составляет 0,58-0,81 [1]. Однако при достаточно высокой среднегодовой норме осадков, летние засухи бывают достаточно часто.

По теплообеспеченности – к жаркому. По средним многолетним данным среднегодовая температура воздуха положительная и достигает 10,4...10,8 °С. Сумма эффективных температур (выше +10°C), выражающая ресурсы тепла

территории, изменяется в диапазоне 2500–3500°C. Дней с температурой воздуха выше 10 °С более 200, что благоприятно сказывается на выращивании теплолюбивых растений.

Первые осенние заморозки могут наблюдаться в третьей декаде октября (22.10.хх), а весенние во второй декаде апреля (13.04.хх). Вероятность повреждения женских цветков и завязей ореха грецкого от заморозков – 0-15%, мужских соцветий 0-30%. Устойчивая температура воздуха в +5°C наступает в конце марта, а в 10°C – в середине апреля.

Зима умеренная, малоснежная. Самым холодным месяцем является январь со среднемесячной температурой минус 1,9°C. В отдельные годы в зимний период наблюдаются резкие колебания температуры, при чем абсолютный минимум доходил до -35°C, а максимум – до +40°C. Характерной особенностью зим являются резкие смены температур во время которых, оттепели сменяются похолоданиями, что часто вызывает сильные подмерзания женских и, особенно, мужских соцветий. Наиболее продолжительные оттепели отмечались от 8 до 15 дней. В дневные часы температура воздуха в период оттепелей поднималась до +14...+22°C.

Почвы. Почвенное обследование участка показало, что основным типом являются черноземы выщелоченные малогумусные, сверхмощные легкоглинистые на лессовидных суглинках. Вскипание от 10% HCl отмечается с глубины 160-170 см. Гумусированность профиля до 150-170 см. Потенциальное плодородие этих почв очень высокое. Отличительной особенностью этих почв являются их водно-физические свойства. Гранулометрический состав их легкоглинистый и тяжелосуглинистый с содержанием физической глины 62-70%, а ила 38-41% [42]. Материнские породы обладают хорошей воздухо- и водопроницаемостью. Плотность по профилю этих почв имеет тенденцию к увеличению с глубиной: от 1,29 г/см<sup>3</sup> (0-30см) до 1,44 г/см<sup>3</sup> (150-200см). В западинах и понижениях лессовидные породы отличаются повышенным

уплотнением, менее отчетливой пористостью, низкой водопроницаемостью и аэрацией.

Погодные условия 2012-2019 гг. Для анализа метеоусловий использовали данные агрометеостанции «Круглик» (Агрометеорологический бюллетень г. Краснодара за 2012-2019 гг.), расположенной на расстоянии 25 км от насаждений ореха грецкого (таблица 3).

Метеорологические условия в период исследований (2012–2019 гг.) позволили дать полную комплексную оценку селекционного материала по таким важным признакам, как ритм развития в годовом цикле, засухоустойчивость и устойчивость к возбудителю бурой пятнистости ореха грецкого, урожайность и товарные качества плодов.

Отмечен острый дефицит влаги в вегетационный период 2012 г с июля по сентябрь (рисунок 1). В июле и августе выпало всего 19 и 22мм осадков, что составило 32 и 46% нормы.

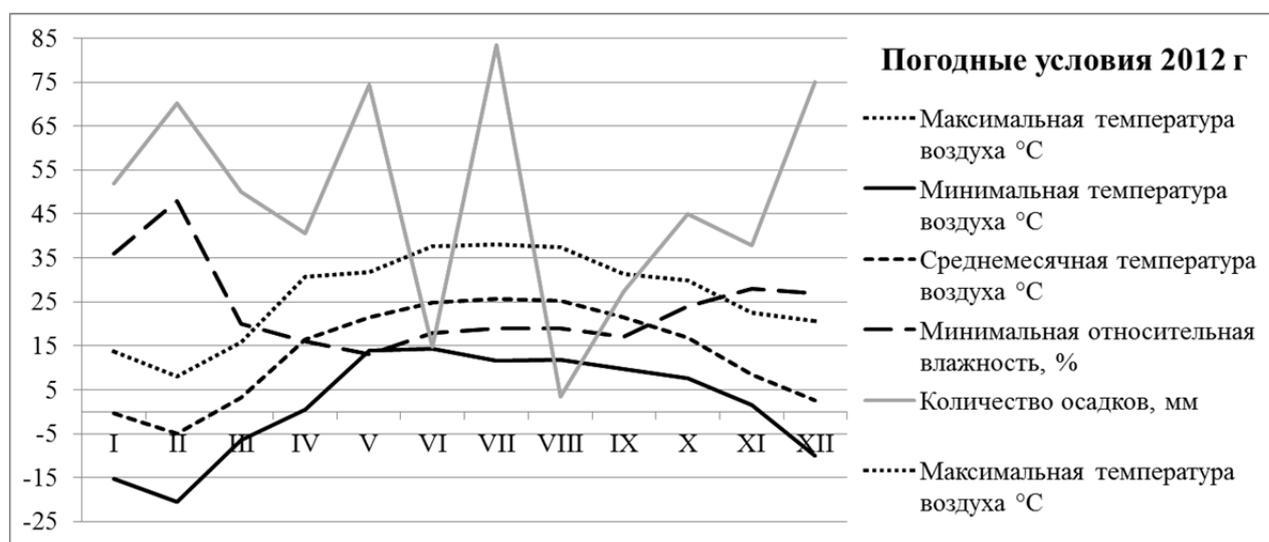


Рисунок 1. Диаграмма погодных условий в окрестностях г. Краснодар в 2012 году.

На фоне высоких летних температур воздуха (абсолютный максимум температуры воздуха в августе достиг многолетнего показателя, а в июне, июле и сентябре зафиксированы новые абсолютные максимумы  $+37,1$ ;  $+37,6$  и  $+38,5^{\circ}\text{C}$ , соответственно), что отразилось на снижении степени закладки цветочных почек у гибридных форм ореха грецкого под урожай 2013 г.

В 2013 году отмечен дефицит осадков: в июле (5% нормы) и сентябре (58%). В ноябре зарегистрировано резкое снижение температуры воздуха до минус  $11,5^{\circ}\text{C}$ , что вызвало вымерзание 2-4% боковых почек у слабовзимостойких форм (рисунок 2).

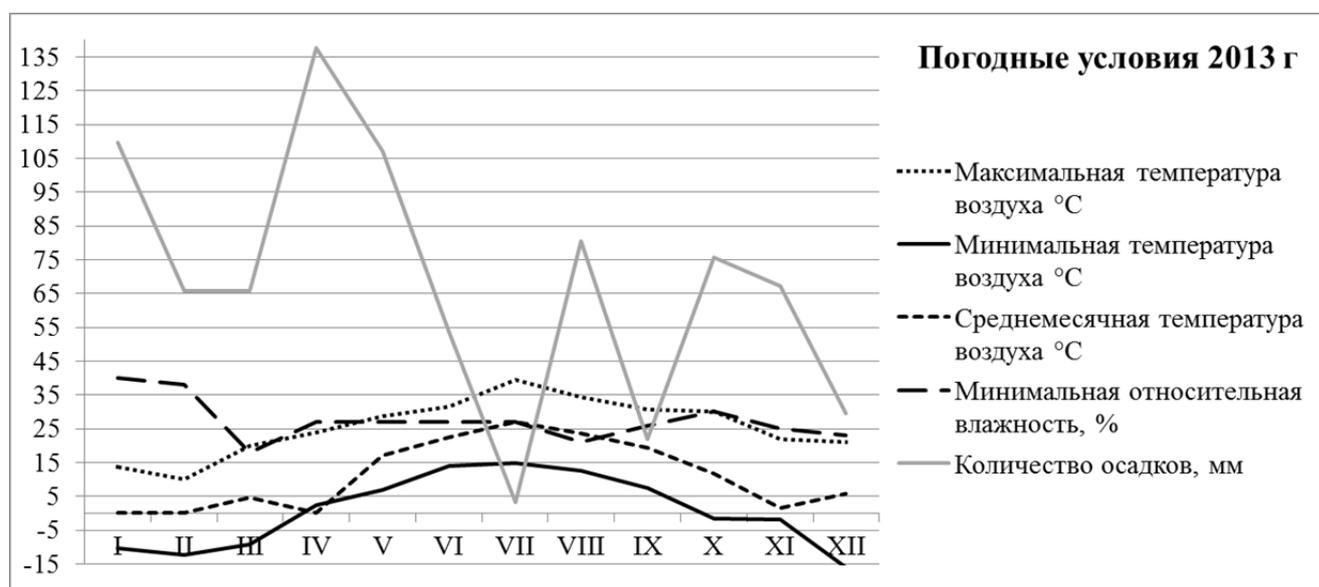


Рисунок 2. Диаграмма погодных условий в окрестностях г. Краснодар в 2013 году.

В июне и августе ощущался острый дефицит почвенной влаги (выпало осадков, соответственно,  $14,8$  мм, или  $22,1\%$  и  $3,5$  мм, или  $7,3\%$  нормы) на фоне аномально высоких температур воздуха, которые варьировали от  $30,6^{\circ}\text{C}$  (апрель) до  $38,3^{\circ}\text{C}$  (июль) и  $37,3^{\circ}\text{C}$  (август), а на поверхности почвы температуры достигали  $60^{\circ}\text{C}$ , что привело к чрезмерному осыпанию полезной завязи у форм недостаточно устойчивых к засухе. Весь полевой сезон 2013 г. характеризовался повышенным температурным фоном воздуха в следующие фазы роста и

развития: начало вегетации, начало цветения, завязывания плодов, их созревания, закладки цветковых почек под урожай будущего года на 2,5...5,6 °С по сравнению со среднемноголетними данными;

Отмечено резкое снижение температуры воздуха до минус 4,1 °С в марте 2014 г. После продолжительной февральской оттепели с колебаниями максимальных температур воздуха от +4,3 до 18,9 °С, а в 3-й декаде апреля (в фазу цветения) температура понизилась до 0,5...-1,5 °С (рисунок 3).

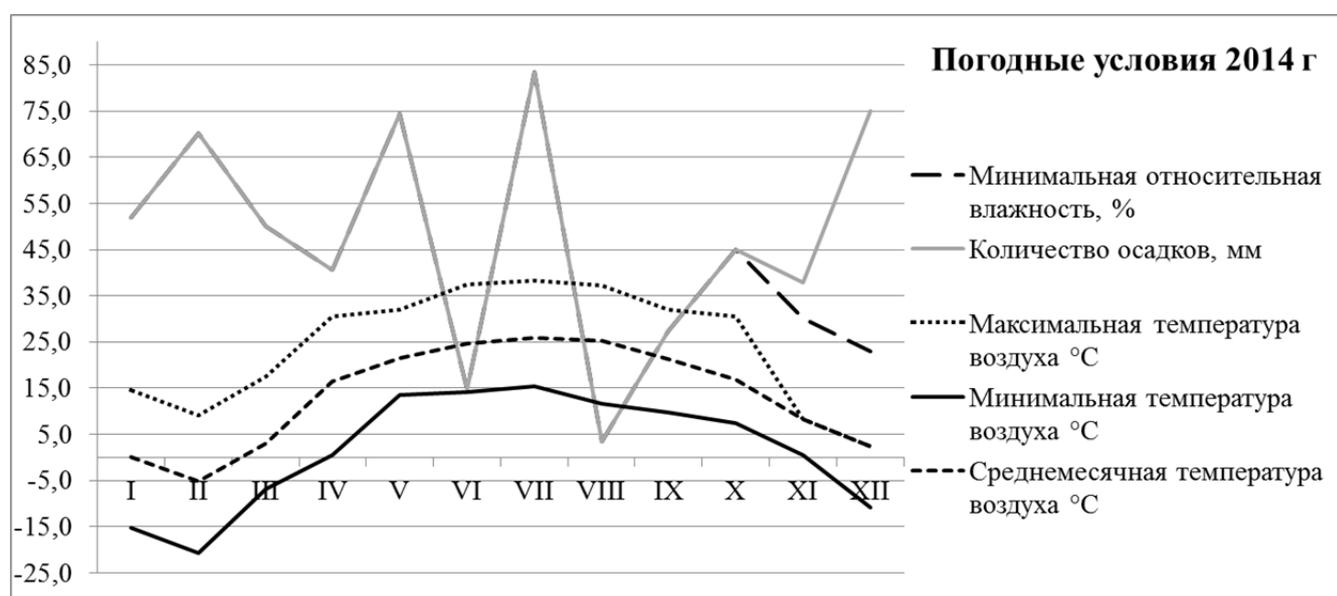


Рисунок 3. Диаграмма погодных условий в окрестностях г. Краснодар в 2014 году.

Это вызвало частичное подмерзание верхушечных цветков на однолетних побегах у раноцветущих форм. Кроме того, в апреле и мае наблюдался острый дефицит атмосферных осадков (недобор составил, соответственно, 58 и 70 % от среднемноголетних показателей 48 и 57 мм), что отразилось на снижении степени завязывания плодов у форм недостаточно устойчивых к засухе.

Контрастные природные условия, сложившиеся в период вегетации ореха грецкого в 2013 – 2014 г.г., позволили достаточно объективно оценить устойчивость к неблагоприятным условиям среды целой группы отборных гибридных форм ореха грецкого и выделить по комплексу хозяйственно-

биологических признаков лучшие из них для государственного и производственного испытания, любительского и фермерского садоводства.

В 2015 году среднемесячная температура воздуха за период январь – сентябрь была повышенной и превышала многолетнюю норму в пределах от +0,3 °С (январь) до 5,8 °С (сентябрь) (рисунок 4).

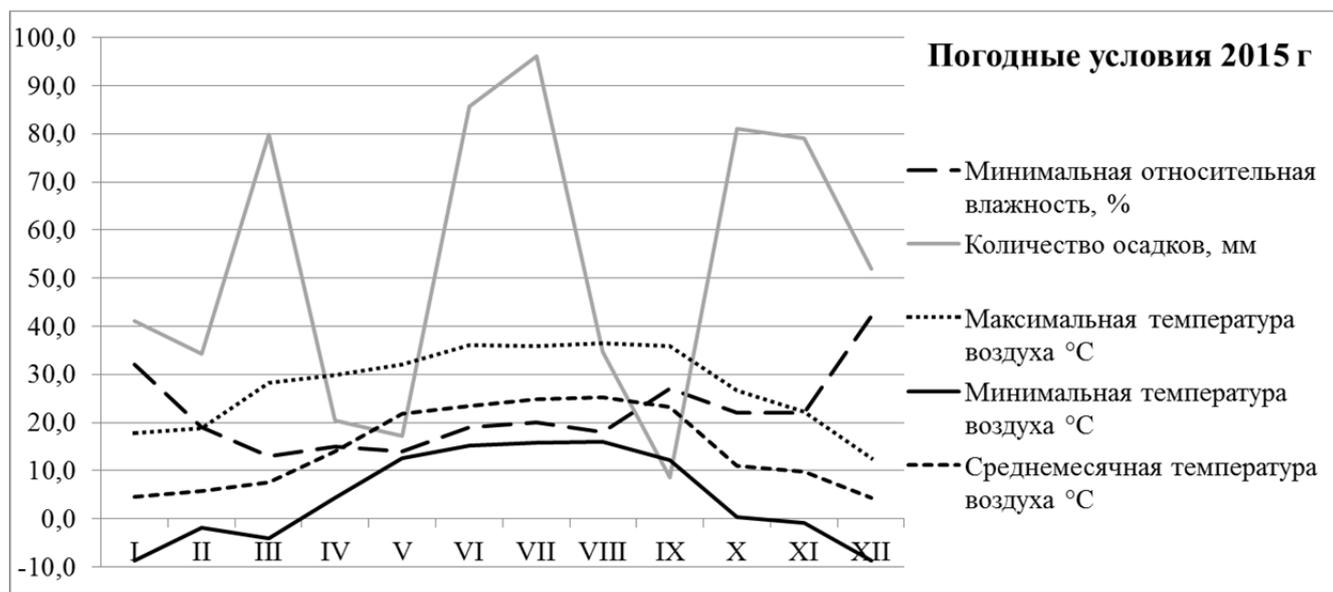


Рисунок 4. Диаграмма погодных условий в окрестностях г. Краснодар в 2015 году.

Первый осенний заморозок отмечен 25 октября 2014 г. зарегистрировано - 0,2 °С. Закаливание опытных деревьев изучаемых форм ореха грецкого при вхождении в зиму проходило в условиях оптимальных температур воздуха - 5 °С (октябрь) ... - 4,7 °С (ноябрь) ... - 8,3 °С (декабрь), что обеспечило хорошую сохранность плодовой древесины при резком снижении температуры воздуха в первой декаде января до - 22,1 °С.

Самым жарким месяцем был август, абсолютный максимум достигал 38,1 °С (1 августа). С июня по сентябрь отмечено 45 дней с максимальной температурой воздуха выше + 30 °С, из них 25 дней приходится на август.

Сумма осадков за период январь – август составила 575,6 мм, что на 34,5 % превышает многолетние данные (428 мм). Сумма осадков по месяцам резко

отличается от многолетних данных. Совпадение наблюдалось только в сентябре, декабре 2014 г. и марте. Наиболее увлажненными были 3 месяца (октябрь 2014 г., январь, июнь 2015 г.), когда сумма осадков в 1,5 раза превышала многолетнюю норму. Дефицит осадков отмечался лишь в феврале (53,8 % нормы), но более засушливым был ноябрь 2014 г. – всего 17 мм (28,8 % нормы).

За 2016 год среднемесячная температура воздуха за период январь – сентябрь была повышенной и превышала многолетнюю норму в пределах от +0,8 °С (январь, май) до 7,6 °С (февраль) (рисунок 5).

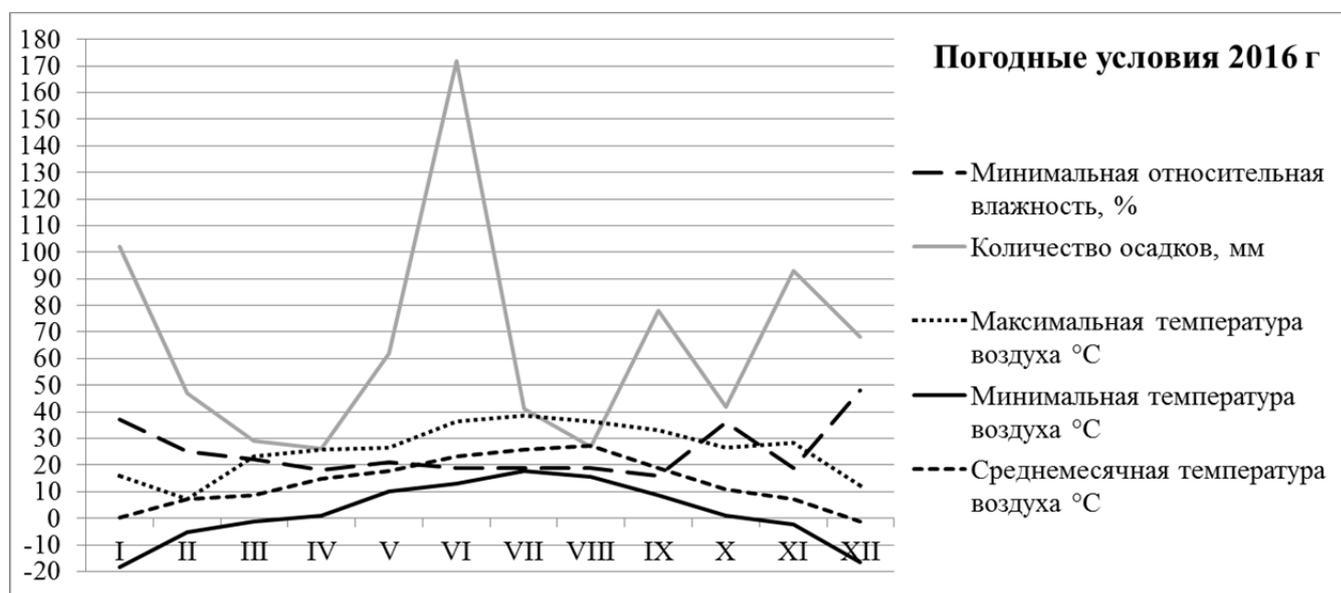


Рисунок 5. Диаграмма погодных условий в окрестностях г. Краснодар в 2016 году.

Первый осенний заморозок отмечен 1-2 ноября 2015 г. Силой до минус 0,9 °С. От данного заморозка сильно пострадали годовичные приросты ореха грецкого. В виду крайне низкого количества осадков в сентябре 2016-го года (8,5 мм) и последующего теплого периода с достаточным уровнем осадков в начале октября, многие формы ореха грецкого к началу ноября продолжали активную фазу вегетации. Годичные приросты не успели одревеснеть и пострадали от заморозка.

Закаливание опытных деревьев изучаемых форм ореха грецкого при вхождении в зиму проходило в условиях приемлемых температур воздуха, что

обеспечило хорошую сохранность плодовой древесины при резком снижении температуры воздуха четвертого января до  $-19,2$  °С. Последний заморозок зарегистрирован 20 марта 2016 года силой  $-1,2$  °С. Заморозок не привел к значительному повреждению вегетативных и генеративных образований ореха грецкого, так как активный рост почек начался спустя несколько дней. Значительные повреждения отмечены после осеннего заморозка, возникшие ввиду запоздалого наступления осеннего покоя. В июне наблюдалось выпадение осадков в виде холодных ливней. С первого на второе июня за 12 часов выпало 96 мм осадков, что является рекордным показателем. Самым жарким месяцем был июль, абсолютный максимум достигал  $38,4$  °С (17 июля). При этом ощущался дефицит осадков, за июль и август выпало 41,3 и 27,2 мм соответственно. При этом 28 мм выпало в течении 12 часов 5 июля. За весь последующий период выпало 40,5 мм, что является чрезвычайно низким показателем.

Погодные условия в 2017 году характеризуются следующими особенностями – в зимний период сильных морозов не наблюдалось (лишь в январе температура воздуха снижалась до  $-16$  °С) и поэтому перезимовка изучаемых сортов и гибридных форм ореха грецкого проходила благополучно (Рисунок 6).

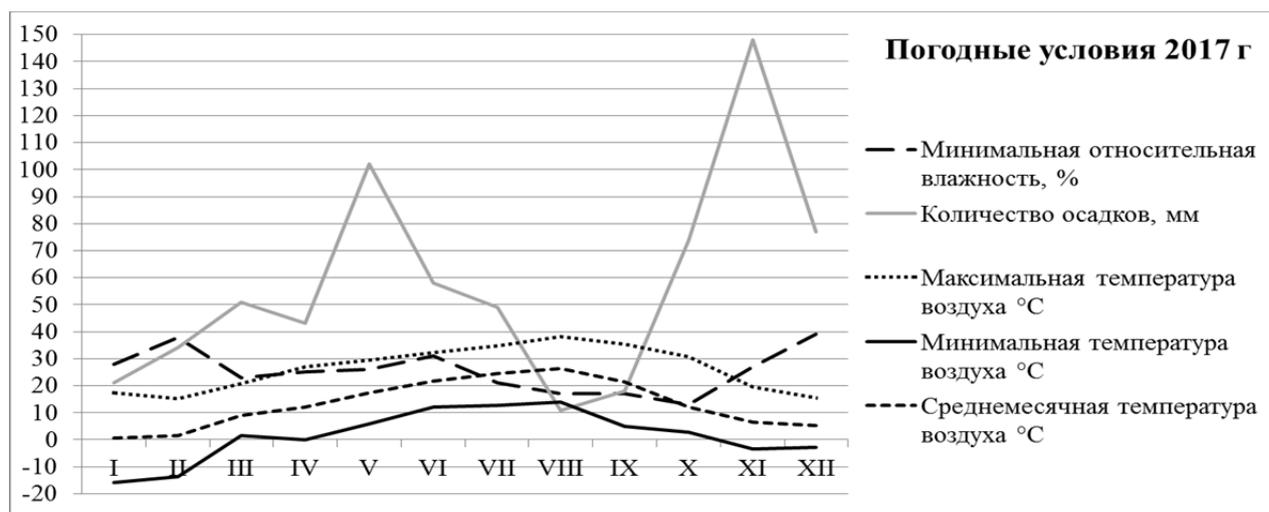


Рисунок 6. Диаграмма погодных условий в окрестностях г. Краснодар в 2017 году.

В остальные месяцы температура была в пределах нормы или существенно выше на 3,5... 4,0 ° С (март, август). В период вегетации ореха грецкого губительных действий заморозков не наблюдалось. Самым жарким месяцем был август, абсолютный максимум температуры достигал 38,7 ° С (6 августа). С июня по сентябрь отмечены 53 дня с максимальной температурой воздуха выше + 30 ° С, из них 26 дней приходится на август. Сумма осадков за период январь – август составила 429,3 мм, что на 7 % меньше среднемноголетних данных (465 мм) за тот же период. Сумма осадков по месяцам резко отличается от многолетних данных. Наиболее переувлажненными были три месяца – март, май и июль, когда сумма осадков в 1,2 – 1,7 раза превышала многолетнюю норму. Дефицит осадков отмечался в январе, феврале, апреле, июле и августе (35-80 % нормы). Но наиболее засушливым был август – всего 11,2 мм (22 % нормы).

В 2017 году отсутствовали экстремально низкие температуры воздуха и в климатическом отношении год был благоприятным для выращивания ореха грецкого.

Погодные условия в 2018 году характеризуются следующими особенностями – в зимний период сильных морозов не наблюдалось (лишь в феврале температура воздуха снижалась до – 8,1 ° С) (рисунок 7).

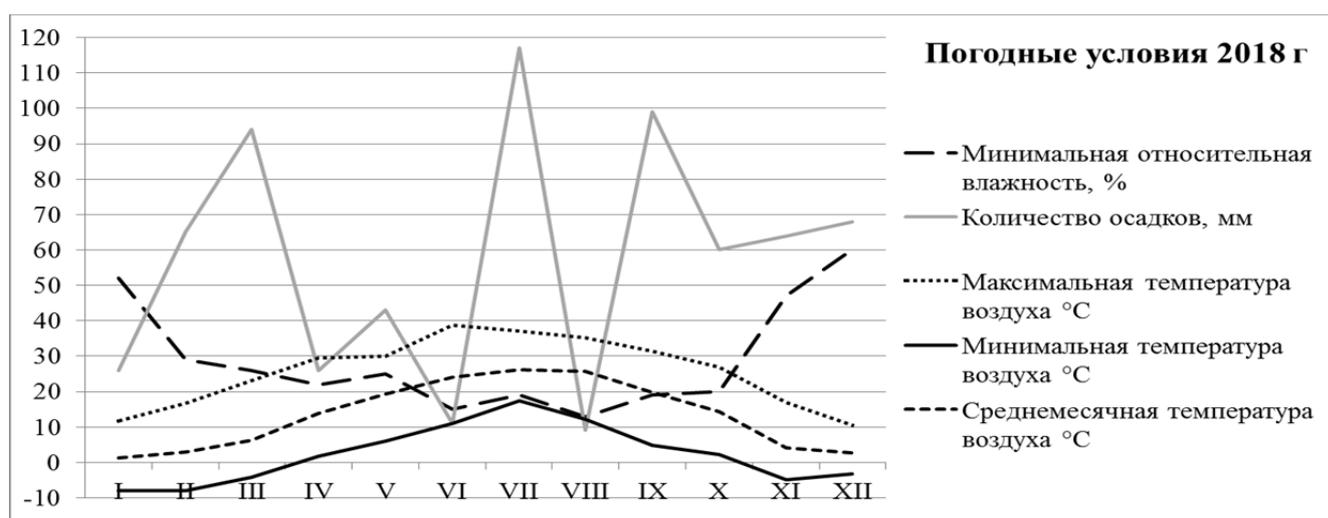


Рисунок 7. Диаграмма погодных условий в окрестностях г. Краснодар в 2018 году.

В остальные месяцы температура была в пределах нормы или существенно выше на 2,9... 3,5 ° С (январь, февраль). В период вегетации ореха грецкого губительных действий заморозков не наблюдалось. Самым жарким месяцем был июль, абсолютный максимум температуры достигал 38,7 ° С (28 июня).

Сумма осадков за период январь – август составила 391 мм, что на 16 % меньше среднемноголетних данных (465 мм) за тот же период. Сумма осадков по месяцам резко отличается от многолетних данных. Наиболее переувлажненными были три месяца – февраль, март, июль и сентябрь, когда сумма осадков в 1,5 – 2,1 раза превышала многолетнюю норму. Дефицит осадков отмечался в январе, апреле, мае, июне и августе (13-62 % нормы). Но наиболее засушливым были июнь и август – всего 11 и 9 мм соответственно, что составило всего лишь 13 и 17 % нормы соответственно (Таблица 3).

В 2018 году отсутствовали экстремально низкие температуры воздуха и в климатическом отношении год был благоприятным для выращивания ореха грецкого. Изучаемые сорта и гибридные формы ореха грецкого плодоносили удовлетворительно и хорошо, в пределах 16 – 27 кг/дер. Однако большое количество атмосферных осадков в середине лета на фоне пониженных для данного времени температур воздуха спровоцировало развитие марсонии ореха грецкого и бактериоза плодов. Сухая и жаркая погода в период созревания плодов в августе привела к подсушиванию околоплодников, что препятствовало нормальному растрескиванию и выходу орехов из околоплодника.

Погодные условия в 2019 году характеризуются следующими особенностями – в зимний период сильных морозов не наблюдалось (лишь в феврале температура воздуха снижалась до – 4,7 ° С) и поэтому перезимовка изучаемых сортов и гибридных форм ореха грецкого проходила благополучно (рисунок 8). В остальные месяцы температура была в пределах нормы или существенно выше. Четвертого апреля отмечен заморозок, температура снизилась до -1 ° С. Однако, абсолютное большинство сортоформ избежало каких-либо

негативных последствий, в связи с началом роста плодовых почек в более поздние сроки.

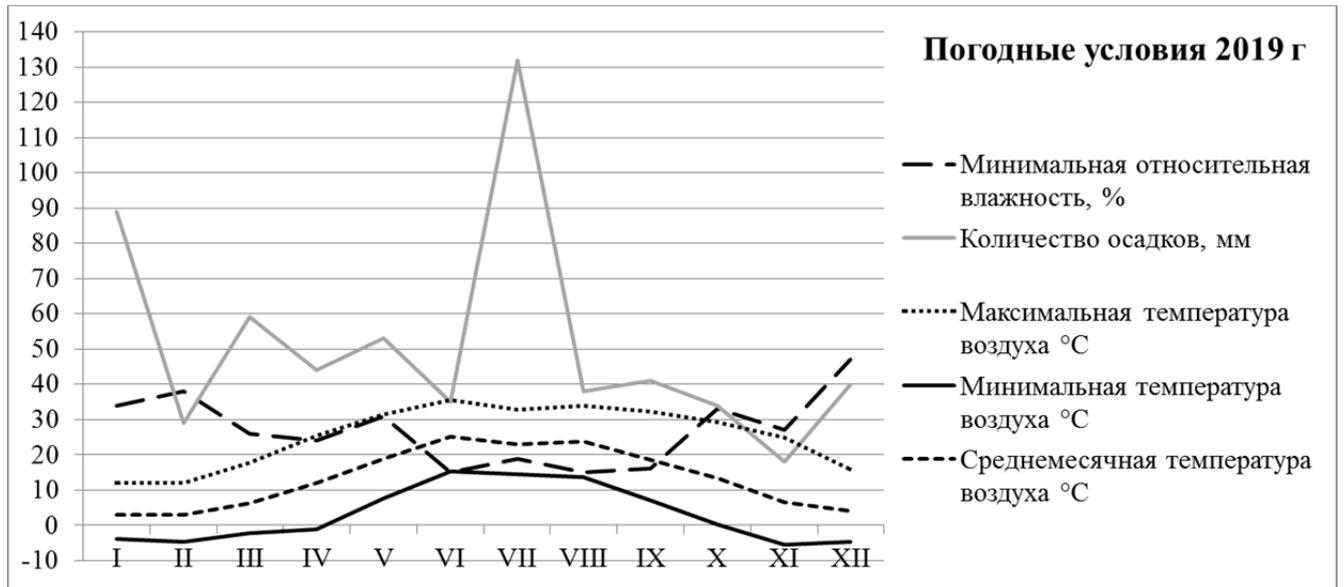


Рисунок 8. Диаграмма погодных условий в окрестностях г. Краснодар в 2019 году.

Самым жарким месяцем был июнь, абсолютный максимум температуры достигал  $35,7^{\circ}\text{C}$  (21 июня). Сумма осадков за период январь – август составила 478 мм, что на 3 % больше среднемноголетних данных (465 мм) за тот же период. Сумма осадков по месяцам отличается от многолетних данных. (Таблица 3). В 2019 году отсутствовали экстремально низкие температуры воздуха и в климатическом отношении год был благоприятным для выращивания ореха грецкого. Изучаемые сорта и гибридные формы ореха грецкого плодоносили удовлетворительно и хорошо, в пределах 16 – 27 кг/дер.

Таблица 3 – Основные климатические показатели района, где расположен опытный участок ореха грецкого за период 2013–2019 гг. (ОПХ «Центральное» СКФНЦСВВ)

Показатели	Годы	Месяцы												Средние показатели
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
t°воздуха (°C) – max	2012	13,8	8,0	15,9	30,7	31,8	37,6	38,0	37,4	31,3	29,8	22,5	20,7	38.0
	2013	13,8	10,1	19,8	23,8	28,8	31,4	39,5	34,3	30,8	30,2	21,8	21,0	39,5
	2014	14,6	9,1	17,6	30,6	32,0	37,5	38,3	37,3	31,9	30,6	8,3	2,3	38,3
	2015	17,7	18,9	28,2	29,8	32,1	36,1	35,9	36,5	35,8	26,7	22,2	12,6	37,5
	2016	16.1	7.1	23.1	25.7	26.6	36.3	38,4	36,4	33,0	26.6	28.4	12.4	38.4
	2017	17.3	15.3	20.7	26.9	29.6	32.2	34.6	38,3	35.5	30,6	19.5	15.4	38.3
	2018	11.7	16.6	23.2	29.6	29.9	38.7	37.0	35.3	31,4	27.0	17.0	10.6	38.7
	2019	11.9	12.1	17.8	25.4	31.4	35.7	32.8	33.9	32.4	29.2	24,8	15.8	35.7
многол.	19,1	19,2	30,2	31,6	34,7	36,0	36,8	39,9	37,4	34,0	30,1	19,3	39,9	
t°воздуха (°C) – min	2012	-15,2	-20,6	-6,4	0,4	14,0	14,4	11,5	11,8	9,8	7,7	1,6	-10,	-20.6
	2013	-10,4	-12,4	-9,3	2,5	6,8	14,0	14,9	12,5	7,5	-1,7	-2,0	-16,1	-16,1
	2014	-15,3	-20,8	-6,8	0,4	13,5	14,1	15,5	11,6	9,7	7,4	0,5	-10,9	-20,8
	2015	-8,8	-1,8	-4,1	4,4	12,5	15,1	15,7	15,9	12,2	0,3	-0,9	-8,7	-16,5
	2016	-18,3	-5.1	-1.2	1.1	10.1	12.9	17.9	15,7	8.6	1.1	-2.3	-16.6	-18.3
	2017	-15.8	-13.8	1.6	0.1	6,0	12.0	12.6	13.9	5.1	2.8	-3.5	-2.8	-15.8
	2018	-7.9	-8.1	-4.3	1.7	5.9	11.1	17.5	12.2	4.9	2.2	-4.8	-3.2	-8.1
	2019	-3,8	-4,7	-2,3	-1,0	7,7	15,4	14,4	13,6	7,0	0,3	-5,6	-4,7	-4,7
многол.	-36,4	-33,1	-20,8	-9,2	2,2	0,0	8,3	6,3	-2,0	-5,4	-19,2	-29,0	-36,4	
t° воздуха (°C) средне-месячная	2012	-0,3	-4,9	3,1	16,5	21,4	24,8	25,7	25,2	21,4	16,8	8,4	2,5	13.4
	2013	-0.1	-1.3	4.6	10.0	17.1	22.6	27.1	23.7	19.4	11.7	1,4	5,7	11,8
	2014	-0.2	-5,1	3,1	16,5	21,4	24,7	25,8	25,2	21,3	16,8	8,3	2,3	11,3
	2015	4,5	5,8	7,6	14,0	21,8	23,5	24,9	25,3	23,2	11,0	9,8	4,4	11,9
	2016	0.2	7.1	8.5	14.7	17.8	23.4	25,9	27,2	18.8	10.8	7.0	-1.2	13.3

Продолжение таблицы 3

Показатели	Годы	Месяцы												Средние показатели
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	2017	0.6	1.5	9.0	12.1	17.4	21.6	24.4	26.3	21.3	12.2	6,4	5,2	13.2
	2018	1.3	3.0	6.3	13.8	19.4	24,1	26.2	25,7	19.8	14.4	4.1	2,7	13.2
	2019	2.9	3.1	6.4	11.9	19.0	25.3	23.0	23.7	18.5	13.4	6.6	4,0	13.2
	многол.	-1,8	-0,9	4,2	10,9	16,8	20,4	23,2	22,7	17,4	11,6	5,1	0,4	10,8
Относительная влажность воздуха (%) – min	2012	36	48	20	16	13	18	19	19	17	24	28	27	13
	2013	40	38	18	27	27	27	27	21	26	30	25	23	18
	2014	51,9	70,1	50,0	40,6	74,3	14,8	83,4	3,5	27,3	44,9	30	23	3,5
	2015	32	19	13	15	14	19	20	18	27	22	22	42	14
	2016	37	25	22	18	21	19	19	19	16	36	19	48	16
	2017	28	38	23	25	26	31	21	17	17	13	27	39	13
	2018	52	29	26	22	25	15	19	13	19	20	47	60	13
	2019	34	38	26	24	31	15	19	15	16	33	27	47	15
многол.	29	24	16	12	17	21	14	24	23	19	22	16	12	
Количество осадков за месяц (мм)	2012	51,9	70,1	50,0	40,6	74,3	14,8	83,4	3,5	27,3	44,9	37,8	75,0	573,6
	2013	109,6	65,8	65,9	137,7	107,2	53,5	3,1	80,6	22,0	75,8	67,3	29,6	546,5
	2014	51,9	70,1	50,0	40,6	74,3	14,8	83,4	3,5	27,3	44,9	37,8	75,0	573,6
	2015	41,0	34,3	79,8	20,4	17,1	85,6	96,1	34,6	8,5	81,0	79	52	546,5
	2016	102.0	47	29	26	62	172	41	27	78	42	93	68	787
	2017	21	34	51	43	102	58	49	11	18	74	148	77	686
	2018	26	65	94	26	43	11	117	9.1	99	60	64	68	681
	2019	89	29	59	44	53	35	132	38	41	34	18	40	610

### 2.3 Методы исследований

Фенологические, морфометрические, органолептические исследования проводили согласно: «Программе и методике селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур», (1995); Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (1973); Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (1999); Программе Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года (2013) [26, 31, 32, 33, 34].

Схема проведенных исследований представлена на рисунке 9.



Рисунок 9 Схема проведения исследований

В фитопатологических исследованиях использовали наиболее распространенную методику оценки степени поражения, основанную на проценте поражения площади листа, для марсонииоза. В оценке степени поражения растений ореха грецкого бактериозом учитывался процент пораженных плодов [31, 32].

Экстракция ДНК. Для выделения ДНК брали молодые, здоровые листья ореха грецкого с верхушечной части побега или начинающие распускаться почки по одному образцу для каждого сорта. Для экстракции геномной ДНК использовали модифицированный СТАВ-метод [74].

Проведение полимеразной цепной реакции (ПЦР). ПЦР проводили по стандартным методикам, но с выполнением предварительной оптимизации ряда параметров, таких как температура отжига праймеров, длительность циклов отжига праймеров и элонгации, общее количество циклов, концентрация дезоксинуклеотидтрифосфатов, праймеров.

В ходе оптимизации были отработаны температуры отжига 56 °С, 58 °С и 60 °С. Наиболее оптимальной температурой отжига для всех задействованных в работе маркеров была 58 °С. Длительность периодов отжига и элонгации была уменьшена на 15 секунд, что не сказалось на качестве продуктов реакции, однако позволило снизить затрачиваемое на амплификацию время.

При постановке реакции, маркеры были сгруппированы в мультиплексные наборы, по 3 и по 4 маркера в одной смеси [142]. При формировании мультиплексных реакций учитывались температуры отжига праймеров, размер продуктов амплификации и возможная комплементарность последовательностей.

Кроме того, флуоресцентные красители для праймеров были подобраны таким образом, чтобы в случае перекрытия диапазонов продуктов амплификации, за счет разных красителей оставалась возможность точной детекции. Последовательности использованных в работе праймеров приведены в таблице 4.

Таблица 4 Олигонуклеотидная последовательность праймеров SSR-маркеров, использованных в работе

Название	Последовательность нуклеотидов 3'-5'	Флуоресцентная метка
WGA001F	ATTGGAAGGGAAGGGAAATG	FAM
WGA001R	CGCGCACATACGTAAATCAC	
WGA009F	CATCAAAGCAAGCAATGGG	R6G
WGA009R	CCATTGGTCTGTGATTGGG	
WGA069F	TTAGATTGCAAACCCACCCG	ROX
WGA069R	AGATGCACAGACCAACCCTC	
WGA202F	CCCATCTACCGTTGCACTTT	TAMRA
WGA202R	GCTGGTGGTTCTATCATGGG	
WGA276F	CTCACTTTCTCGGCTCTTCC	FAM
WGA276R	GGTCTTATGTGGGCAGTCGT	
WGA349F	GTGGCGAAAGTTTATTTTTTGC	TAMRA
WGA349R	ACAAATGCACAGCAGCAAAC	
WGA376F	GCCCTCAAAGTGATGAACGT	R6G
WGA376R	TCATCCATATTTACCCCTTTCG	
WGA005F	AGTTTGTCCCACACCTCCT	FAM
WGA005R	ACCCATGGTGAGAGTGAGC	
WGA054F	CTAGGCTTCCCTAGCCGTG	TAMRA
WGA054R	GGCTCCTCTCGATCTCGAC	
WGA089F	ACCCATCTTTCACGTGTGTG	FAM
WGA089R	TGCCTAATTAGCAATTTCCA	
WGA321F	TCCAATCGAAACTCCAAAGG	ROX
WGA321R	TGTCCAAAGACGATGATGGA	

В состав ПЦР смеси входили 50 нг ДНК, 0,25мМ dNTPs, 0,2  $\mu$ М каждого праймера; 2,5 мкл 10-кратного реакционного буфера (ООО «Сибэнзим»), 2,5 мМ MgCl<sub>2</sub>, 1 единица Taq-полимеразы, в общем объеме реакционной смеси 25 мкл.

ПЦР-амплификацию проводили по следующей схеме: 5 минут при 94°C – начальная денатурация, следующие 30 циклов: 30 секунд денатурации при 94°C, 45 секунд отжиг праймеров при 58°C, 45 секунд синтез при 72°C; последний цикл синтеза 2 минуты при 72°

Определение размеров ампликонов проводили с использованием полиакриламидного геля и капиллярного электрофореза.

Для образцов *J. regia* электрофорез на первоначальном этапе проводился в 8% полиакриламидном геле. Далее проводился капиллярный электрофорез продуктов реакции с использованием генетического анализатора ABI PRISM 3130.

Анализ генетических взаимосвязей на основе SSR-генотипирования проводился по методу главных координат в программе PAST [88]. Генетическое разнообразие оценивалось на основе общего числа наблюдаемых аллелей (NA), наблюдаемой гетерозиготности (HO) и ожидаемой гетерозиготности (HE). Индекс Шеннона (I) был подсчитан для каждого локуса с использованием компьютерной программы Genalex 6,5 [102, 105, 119, 120, 131]. Программа Structure 2.3.4 использовалась для анализа генетической структуры отобранных коллекций.

Данная программа разбивает образцы на число (K) генетически гомогенных групп основываясь на Байесовском подходе вкупе с полученными уравнениями Харди-Вайнберга при условии отсутствия неравновесного сцепления генов между локусами в каждой группе. Мы использовали для анализа STRUCTURE стандартную модель admixture, частоты аллелей были приняты как коррелирующие. Мы выставили период расчета в 100000 повторов с последующими 100000 копиями цепей Маркова по методу Монте Карло. Десять повторных расчетов были проведены для каждого значения K от 1 до 10.

Модель разработанная Evanno et al. (2005) основанная на скорости изменения второго порядка в логарифмической вероятности (LnK) данных между значениями K (тестовым и текущим), была использована для уточнения значений K [75]. Результаты выданные STRUCTURE были обработаны программой STRUCTURE HARVESTER v.0.6.1. для оценки наиболее подходящего значения K [72].

### **3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

#### **3.1 Оценка сортов и форм ореха грецкого коллекции СКФНЦСВВ по комплексу хозяйственно-ценных признаков.**

##### **3.1.1 Закономерности прохождения фенофаз в годичном цикле развития растений ореха грецкого.**

Важным аспектом в селекции и производстве ореха грецкого являются особенности прохождения фенологических фаз. Сроки начала вегетации варьируют у разных форм и нередко наступают раньше возвратных заморозков, что приводит к повреждению распустившихся плодовых почек и значительному снижению урожая. В ходе исследований были отмечены сроки начала вегетации в 2012-2019 гг. двадцати форм ореха грецкого (таблица 5). Исходя из результатов фенонаблюдений, можно заключить, что в зависимости от конкретных погодных условий срок дата начала роста плодовых почек варьирует у изученных форм в пределах 12-19 дней.

Установлено, что исследуемые формы по срокам начала вегетации в зависимости от отклонения от среднегодовых дат начала вегетации можно разделить на пять групп: с ранним, умеренно ранним, средним, умеренно поздним и поздним началом вегетации. В первую группу отнесены сортоформы с началом вегетации, устойчиво отклоняющиеся от среднегодового значения в сторону более ранних сроков: Командор, Находка.

Во вторую группу отнесены формы у которых срок начала вегетации либо совпал со среднегодовым показателем, либо наступал раньше его: Аврора и Труженик.

Третью группу составили большинство исследованных форм, их сроки начала вегетации наступали как ранее, так и позднее среднегодовых показателей, либо совпадали с ними: Альбатрос, Венгерский-5, Гарант, Земляк, Дар Кубани, Конкистадор, Крепыш, Русь, Славянин, Сокол, Стимул, Теркин, Щедрый.

Таблица 5 – Сроки прохождения фенологических фаз у сортоформ ореха грецкого в за период 2012–2019 гг.

Сорт, форма	Дата начала вегетации								
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Среднее
Командор	9.4	1.4	4.4	15.4	5.4	5.4	8.4	18.4	8.4
Труженик	11.4	5.4	4.4	17.4	5.4	5.4	11.4	18.4	10.4
Находка	11.4	1.4	6.4	17.4	5.4	6.4	12.4	20.4	10.4
Аврора-2 (к)	13.4	1.4	6.4	18.4	5.4	4.4	13.4	20.4	10.4
Славянин	11.4	5.4	9.4	18.4	8.4	7.4	10.4	20.4	11.4
Сокол	13.4	5.4	6.4	18.4	7.4	6.4	13.4	22.4	11.4
Гарант	13.4	5.4	6.4	18.4	7.4	6.4	14.4	22.4	11.4
Щедрый	13.4	6.4	6.4	19.4	8.4	7.4	12.4	21.4	12.4
Альбатрос	13.4	5.4	8.4	20.4	7.4	6.4	13.4	21.4	12.4
Земляк	13.4	6.4	6.4	18.4	8.4	7.4	13.4	22.4	12.4
Венгерский 5м	13.4	7.4	8.4	19.4	7.4	6.4	13.4	22.4	12.4
Конкистадор	13.4	8.4	6.4	18.4	8.4	7.4	14.4	21.4	12.4
Крепыш	13.4	4.4	6.4	19.4	9.4	9.4	13.4	22.4	12.4
Теркин	14.4	4.4	5.4	20.4	8.4	8.4	14.4	23.4	12.4
Водник	13.4	6.4	8.4	20.4	8.4	7.4	13.4	22.4	12.4
Дар Кубани	14.4	6.4	5.4	19.4	9.4	9.4	14.4	22.4	12.4
Новинка	13.4	6.4	10.4	20.4	9.4	8.4	13.4	22.4	13.4
Стимул	14.4	7.4	6.4	20.4	9.4	8.4	14.4	23.4	13.4
Русь	14.4	4.4	8.4	20.4	10.4	9.4	14.4	23.4	13.4
Тимур	15.4	10.4	9.4	21.4	10.4	9.4	15.4	24.4	14.4
Сатурн	14.4	10.4	11.4	22.4	10.4	10.4	14.4	23.4	14.4
Среднее значение	13.4	5.4	7.4	19.4	8.4	7.4	13.4	21.4	12.4

Четвертая группа включает сортоформы, либо совпадающие по срокам начала вегетации со среднегодовыми показателями, либо отклоняющиеся от них в сторону более поздних дат: Водник, Новинка.

В пятую группу включили формы с началом вегетации, устойчиво отклоняющимся от среднегодовых показателей в сторону более поздних сроков: Сатурн и Тимур.

Теплая зима и раннее наступление теплой весенней погоды спровоцировало в 2014 году ранее распускание плодовых почек, нежели в предыдущие годы в среднем, на неделю и более. Однако с 29 на 30 марта прошел ледяной дождь,

температура опустилась до  $-6^{\circ}\text{C}$ . Кроме того заморозки отмечены вплоть до 6 апреля. Эти факторы в совокупности определили довольно высокий уровень повреждения плодовых почек ореха грецкого у тех форм, которые склонны к более раннему началу вегетации. Самыми поздними сроками начала вегетации в 2014 году характеризовались: Сатурн, Новинка, Славянин, Тимур, Альбатрос, Венгерский-5, Водник, Русь (рисунок 10). Таким образом, среди изученных форм по признаку устойчивости к возвратным заморозкам можно выделить приведенные выше 8 сортоформ. Сильнее всего от заморозка пострадали формы Труженик и Командор, так как начало распускания листьев из терминальных почек у них началось 4 апреля, что спровоцировало гибель молодых побегов во время заморозка.

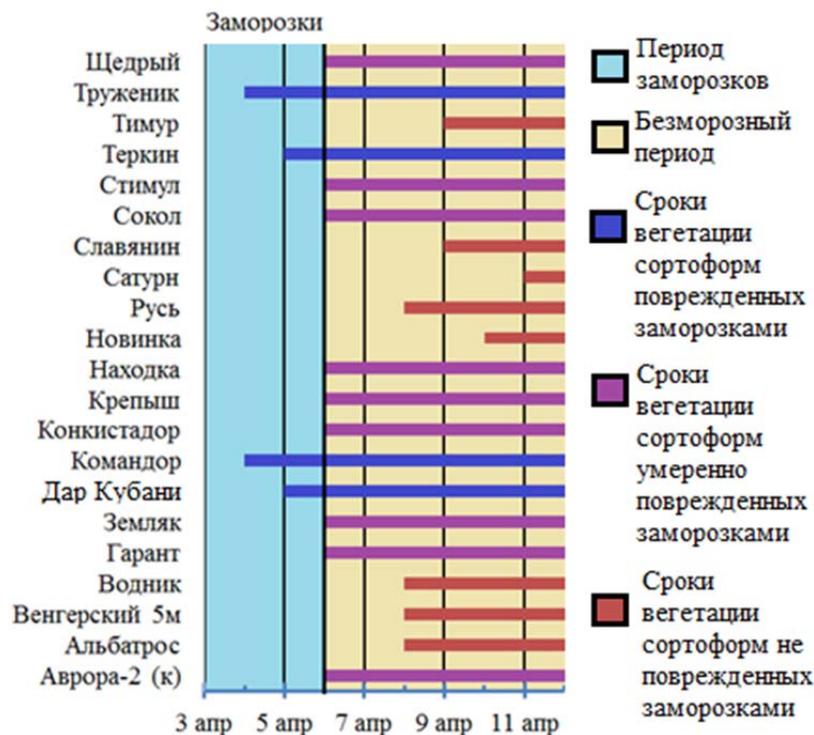


Рисунок 10. Сроки начала вегетации 20 отборных форм ореха грецкого в 2014 относительно возвратных заморозков

Чуть меньшие повреждения, чем эти формы, получили деревья, начало вегетации, которых совпало с наступлением заморозка и часть почек не успело раскрыться - Щедрый, Стимул, Сокол, Находка, Крепыш, Конкистадор, Земляк,

Гарант и контрольный сорт Аврора. Таким образом, по признаку позднего начала вегетации выделилось две сортоформы: Сатурн и Новинка. Данные генотипы рекомендуются к использованию в селекции в качестве источников по данному признаку.

Для эффективного размещения сортов в промышленных насаждениях важным моментом является подбор сортов опылителей. Для установления возможных опылителей необходимо получить сведения о сроках цветения (Таблица 6).

Таблица 6 Периоды выделения пыльцы мужскими соцветиями ореха грецкого за 2012 – 2019 годы

Сорт, форма	Период выделения пыльцы мужскими соцветиями							
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Аврора-2 (к)	23.4-28.4	19.4-27.4	22.4-28.4	30.4-6.5	20.4-26.4	24.4-29.4	25.4-30.4	1.5-6.5
Альбатрос	28.4-4.5	28.4-3.5	24.4-30.4	2.5-8.5	29.4-5.5	27.4-4.5	30.4-6.5	3.5-8.5
Венгерский 5м	23.4-27.4	25.4-29.4	24.4-28.4	30.4-5.5	24.4-28.4	23.4-28.4	26.4-3.5	1.5-5.5
Водник	26.4-30.4	20.4-27.4	24.4-1.5	2.5-8.5	20.4-28.4	27.4-1.5	28.4-5.5	3.5-7.5
Гарант	28.4-4.5	27.4-4.5	28.4-4.5	1.5-6.5	28.4-5.5	27.4-5.5	29.4-5.5	1.5-5.5
Земляк	24.4-28.4	24.4-30.4	24.4-28.4	30.4-6.5	25.4-29.4	23.4-28.4	26.4-1.5	30.4-5.5
Дар Кубани	25.4-30.4	29.4-5.5	22.4-26.4	3.5-8.5	28.4-4.5	24.4-30.4	30.4-4.5	4.5-9.5
Командор	22.4-26.4	18.4-23.4	20.4-25.4	29.4-3.5	19.4-25.4	23.4-26.4	24.4-30.4	30.4-5.5
Конкистадор	27.4-4.5	29.4-5.4	30.4-5.5	2.5-10.5	2.4-5.4	27.4-5.5	29.4-6.5	3.5-10.5
Крепыш	28.4-3.5	24.4-30.4	29.4-4.5	4.5-8.5	25.4-30.4	27.4-2.5	29.4-5.5	3.5-8.5
Находка	22.4-28.4	19.4-25.4	21.4-27.4	29.4-4.5	18.4-24.4	21.4-26.4	23.4-30.4	30.4-4.5
Новинка	23.4-27.4	26.4-2.5	24.4-28.4	1.5-6.5	25.4-1.5	22.4-27.4	27.4-2.5	1.5-5.5
Русь	27.4-3.5	24.4-2.5	26.4-2.5	4.5-8.5	25.4-29.4	26.4-3.5	29.4-4.5	5.5-10.5
Сатурн	30.4-5.5	25.4-29.4	30.4-5.5	6.5-10.5	24.4-29.4	28.4-3.5	1.4-7.5	6.5-10.5
Славянин	28.4-2.5	20.4-25.4	27.4-1.5	4.5-9.5	19.4-25.4	26.4-3.5	29.4-5.5	5.5-9.5
Сокол	28.4-4.5	30.4-6.5	30.4-5.5	7.5-11.5	29.4-5.5	26.4-3.5	1.5-7.5	6.5-11.5
Стимул	25.4-2.5	25.4-1.5	24.4-28.4	3.5-8.5	23.4-1.5	24.4-30.4	27.4-2.5	5.5-9.5
Теркин	28.4-2.5	20.4-27.4	29.4-4.5	5.5-10.5	22.4-29.4	27.4-2.5	30.4-6.5	5.5-9.5
Тимур	29.4-4.5	30.4-6.5	29.4-6.5	4.5-10.5	28.4-3.5	28.4-3.5	1.5-7.5	5.5-9.5
Труженик	23.4-28.4	18.4-24.4	21.4-26.4	1.5-7.5	20.4-25.4	22.4-27.4	26.4-1.5	1.5-5.5
Щедрый	24.4-29.4	28.4-2.5	25.4-1.5	30.4-5.5	27.4-1.5	23.4-28.4	29.4-4.5	1.5-6.5

Примечание: в таблице даты представлены в формате дд.м.

В ходе фенонаблюдений за 20 сортоформами ореха грецкого установлены сроки восприимчивости пестиков (таблица 7).

Таблица 7 Периоды восприимчивости пестиков женских цветков ореха грецкого за 2012 – 2019 годы

Сорт, форма	Период восприимчивости пестиков женских цветков ореха грецкого							
	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Аврора-2 (к)	28.4-11.5	25.4-8.5	28.4-10.5	30.4-11.5	26.4-9.5	27.4-9.5	29.4-12.5	1.5-13.5
Альбатрос	22.4-8.5	16.4-26.4	23.4-6.5	25.4-8.5	17.4-29.4	20.4-1.5	23.4-3.5	26.4-8.5
Венгерский 5м	27.4-13.5	28.4-11.5	28.4-10.5	29.4-11.5	28.4-12.5	26.4-5.5	29.4-10.5	30.4-12.5
Водник	22.4-13.5	25.4-7.5	29.4-8.5	25.4-8.5	24.4-5	22.4-10.5	25.4-8.5	26.4-8.5
Гарант	22.4-8.5	24.4-8.5	22.4-5.5	29.4-10.5	24.4-8.5	23.4-5.5	26.4-7.5	30.4-12.5
Земляк	22.4-5.5	26.4-10.5	30.4-12.5	29.4-11.5	26.4-9.5	20.4-1.5	28.4-10.5	30.4-14.5
Дар Кубани	30.4-10.5	24.4-8.5	28.4-11.5	30.4-12.5	24.4-7.5	27.4-8.5	29.4-12.5	1.5-12.5
Командор	26.4-12.5	14.4-25.4	28.4-9.5	30.4-14.5	15.4-25.4	24.4-10.5	28.4-14.5	1.5-11.5
Конкистадор	21.4-6.5	16.4-24.4	23.4-7.5	26.4-8.5	15.4-25.4	21.4-6.5	24.4-8.5	27.4-9.5
Крепыш	23.4-6.5	24.4-7.5	25.4-9.5	28.4-8.5	24.4-8.5	22.4-4.5	25.4-6.5	27.4-8.5
Находка	30.4-14.5	26.4+10.5	25.4-8.5	1.5-12.5	26.4+11.5	25.4-11.5	30.4-12.5	2.5-12.5
Новинка	29.4-11.5	30.4-10.5	29.4-10.5	1.5-11.5	30.4-11.5	30.4-10.5	30.4-10.5	2.5-11.5
Русь	22.4-6.5	23.5-6.5	24.4-7.5	27.4-9.5	24.5-6.5	22.4-8.5	25.4-9.5	28.4-10.5
Сатурн	24.4-12.5	24.4-9.5	28.4-10.5	27.4-8.5	26.4-9.5	24.4-7.5	26.4-8.5	28.4-10.5
Славянин	23.4-5.5	20.4-7.5	25.4-6.5	28.4-9.5	22.4-7.5	24.4-8.5	26.4-9.5	29.4-11.5
Сокол	24.4-5.5	24.4-6.5	25.4-6.5	27.4-8.5	23.4-5.5	24.4-5.5	25.4-7.5	28.4-11.5
Стимул	1.5-13.5	01.5-14.5	28.4-10.5	3.5-13.5	30.4-12.5	2.5-14.5	3.5-13.5	4.5-14.5
Теркин	22.4-4.5	25.4-7.5	20.4-1.5	28.4-10.5	24.4-6.5	24.4-5.5	26.4-8.5	28.4-10.5
Тимур	26.4-4.5	27.4-8.5	24.4-8.5	28.4-10.5	25.4-6.5	28.4-8.5	27.4-9.5	29.4-11.5
Труженик	28.4-14.5	30.4-14.5	30.4-10.5	1.5-12.5	29.4-12.5	28.4-8.5	30.4-8.5	2.5-14.5
Щедрый	30.4-14.5	25.4-8.5	27.4-10.5	1.5-13.5	26.4-9.5	30.4-10.5	30.4-12.5	3.5-16.5

Примечание: в таблице даты представлены в формате дд.м.

В 2012 году наиболее ранним сроком начала восприимчивости пестичных цветков характеризовалась форма Конкистадор – 21 апреля, а наиболее поздним – Стимул (1 мая). Начало выделения пыльцы мужскими соцветиями наблюдалось в период с 22 апреля (Командор, Находка) по 30 апреля (Сокол). Продолжительность восприимчивости пестичных цветков варьировала от 8 (Тимур) до 21 (Водник) дня, продолжительность выделения пыльцы от 4 до 7 дней (рисунок 11).

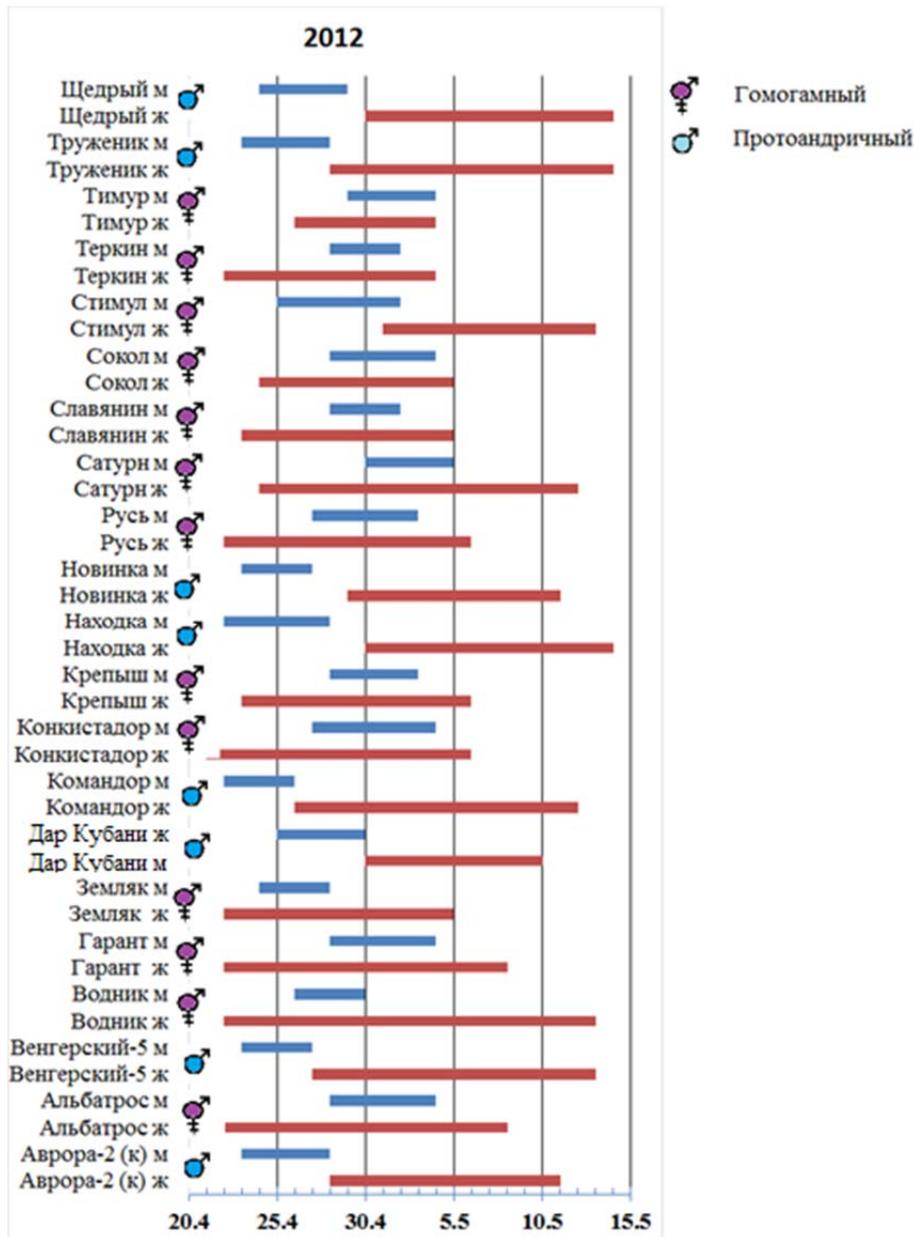


Рисунок 11 Сроки цветения ореха грецкого в 2012 году

В 2013 году самое раннее начало восприимчивости пестичных цветков наблюдалось у формы Командор – 14 апреля, а наиболее позднее у формы Стимул (1 мая). Начало выделения пыльцы мужскими соцветиями наблюдалось в период 18 апреля (Командор, Находка) – 30 апреля (Тимур, Сокол). Продолжительность восприимчивости пестичных цветков варьировала от 8 (Тимур) до 21 (Водник) дня, продолжительность выделения пыльцы от 4 до 7 дней (рисунок 12). Исходя из сроков цветения мужских и женских цветков можно заключить, что доля

сортоформ с протерандричным цветением составляет 14%, с протогиничным - 10%, прочие можно отнести к смешанному типу, или гетеродихогамному.

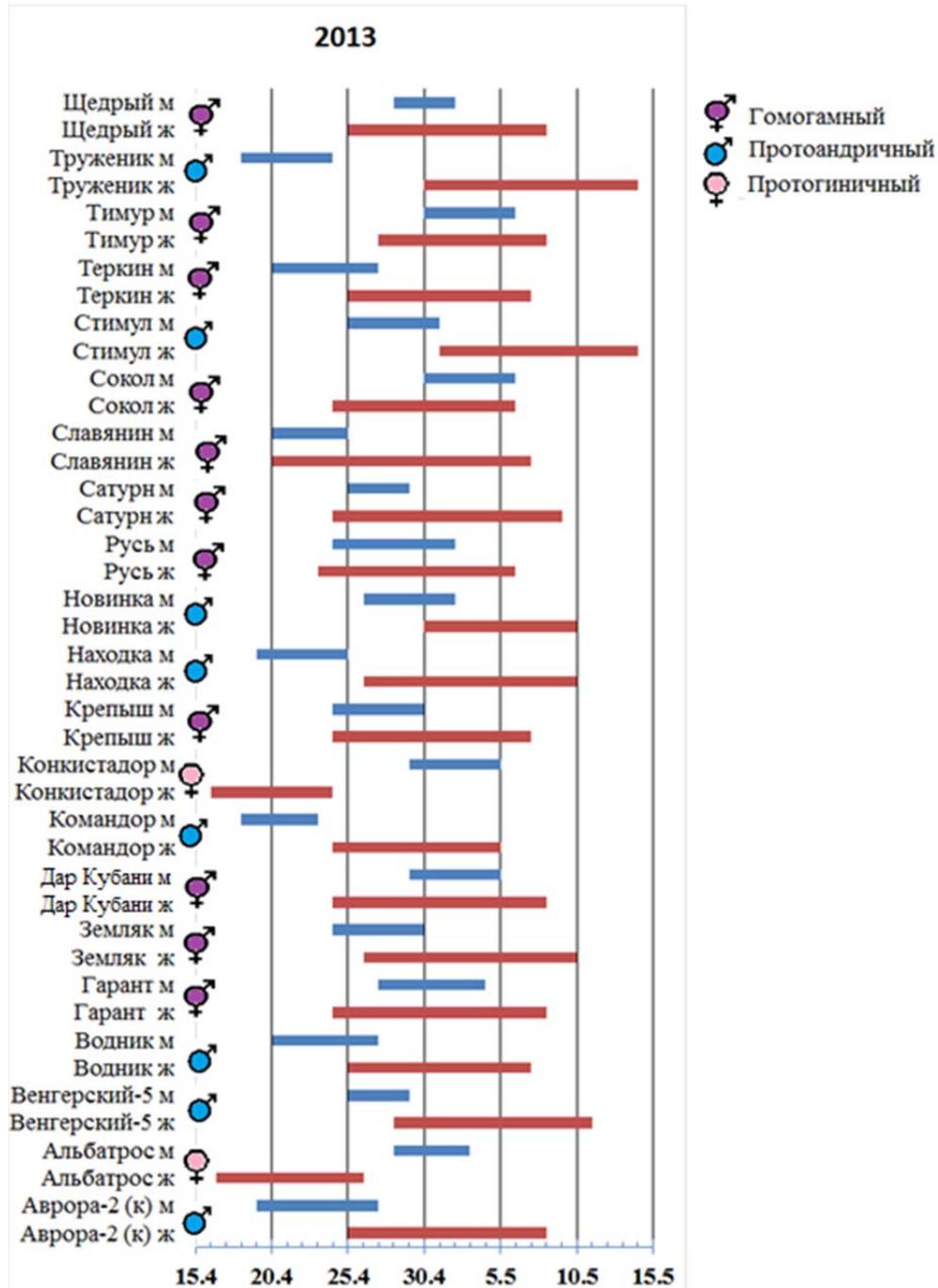


Рисунок 12 Сроки цветения ореха грецкого в 2013 году

В 2014 году самое раннее начало восприимчивости пестичных цветков отмечено у формы Теркин – 20 апреля, а наиболее позднее у формы Земляк (30 апреля). Начало выделения пыльцы мужскими соцветиями наблюдалось в период

22 апреля (Дар Кубани) – 30 апреля (Конкистадор, Сатурн). Продолжительность восприимчивости пестичных цветков варьировала от 9 (Водник) до 14 (Конкистадор, Тимур, Крепыш) дней, продолжительность выделения пыльцы от 4 до 7 дней (рисунок 13).

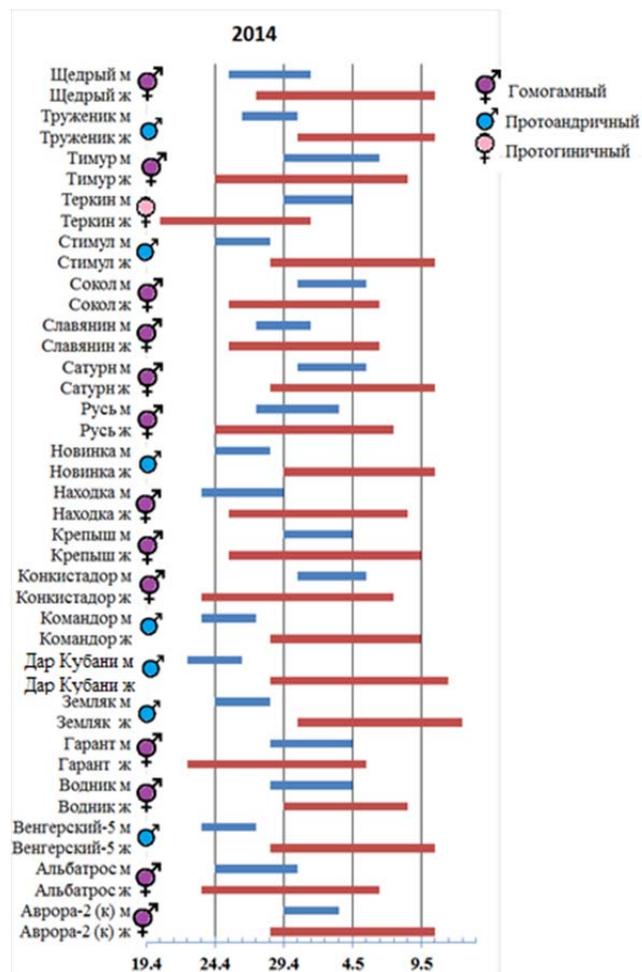


Рисунок 13 Сроки цветения ореха грецкого в 2014 году

В 2015 году самое раннее начало восприимчивости пестичных цветков отмечено у форм Водник и Альбатрос – 25 апреля, а наиболее позднее у формы Стимул (3 мая). Начало выделения пыльцы мужскими соцветиями наблюдалось в период 29 апреля (Находка, Командор) – 7 мая (Сокол). Продолжительность восприимчивости пестичных цветков варьировала от 10 (Крепыш, Новинка,

Стимул) до 14 (Командор) дней, продолжительность выделения пыльцы от 4 до 8 дней (рисунок 14).

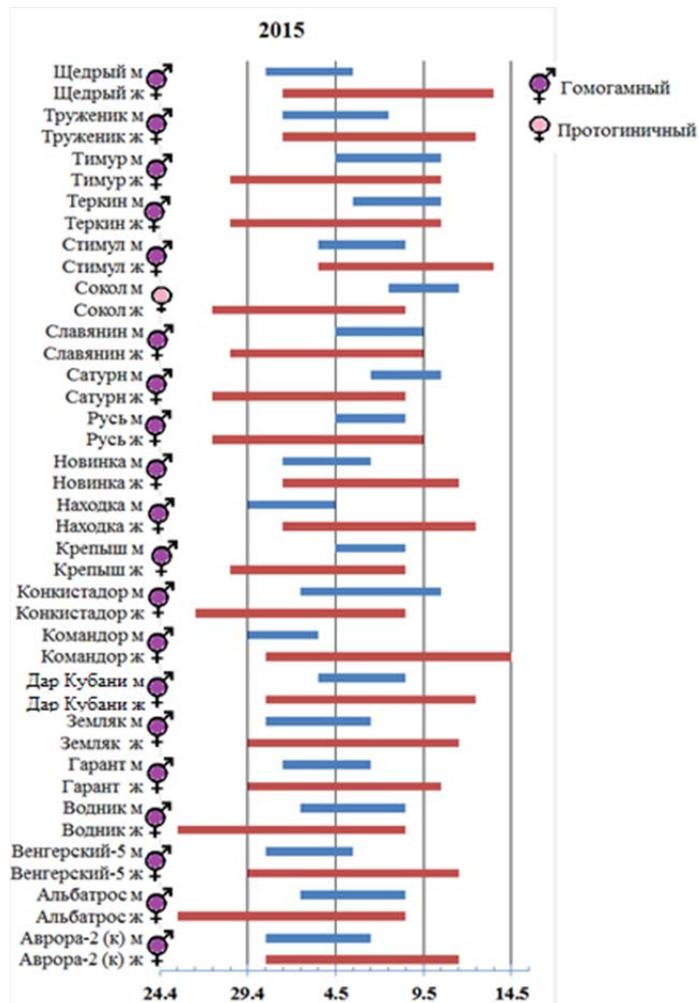


Рисунок 14 Сроки цветения ореха грецкого в 2015 году

В 2016 году самое раннее начало восприимчивости пестичных цветков отмечено у форм Командор и Конкистадор – 15 апреля, а наиболее позднее у форм Новинка Стимул (30 апреля). Начало выделения пыльцы мужскими соцветиями наблюдалось в период 18 апреля (Находка) – 2 мая (Конкистадор). Продолжительность восприимчивости пестичных цветков варьировала от 10 (Командор, Конкистадор) до 15 (Славянин, Находка) дней, продолжительность выделения пыльцы от 4 до 8 дней (рисунок 15).

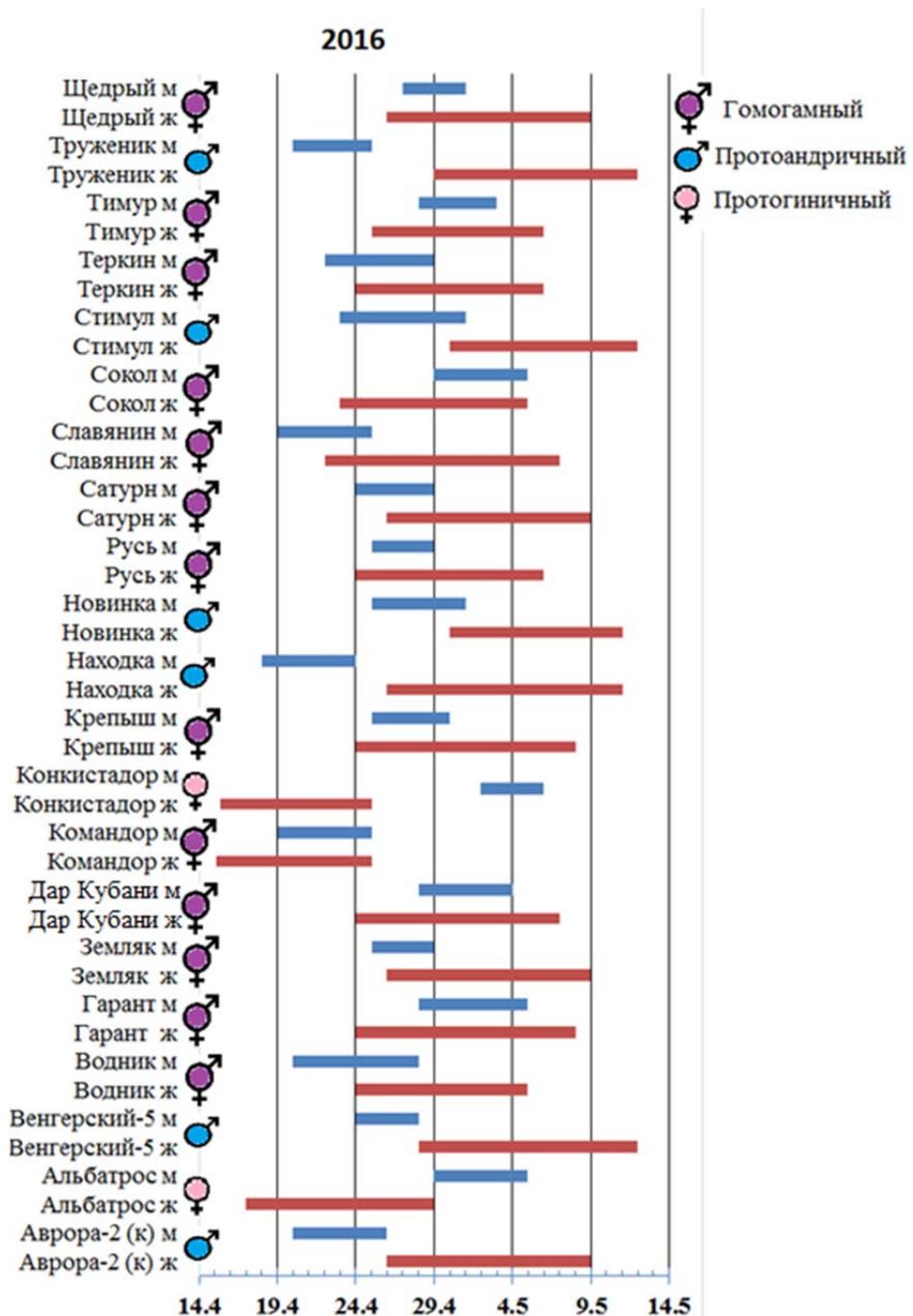


Рисунок 15 Сроки цветения ореха грецкого в 2016 году

В 2017 году самое раннее начало восприимчивости пестичных цветков отмечено у форм Земляк и Альбатрос – 20 апреля, а наиболее позднее у форм Новинка и Стимул (2 мая). Начало выделения пыльцы мужскими соцветиями наблюдалось в период 21 апреля (Находка) – 2 мая (Стимул). Продолжительность восприимчивости пестичных цветков варьировала от 9 (Венгерский-5) до 18

(Водник) дней, продолжительность выделения пыльцы от 3 до 8 дней (рисунок 16).

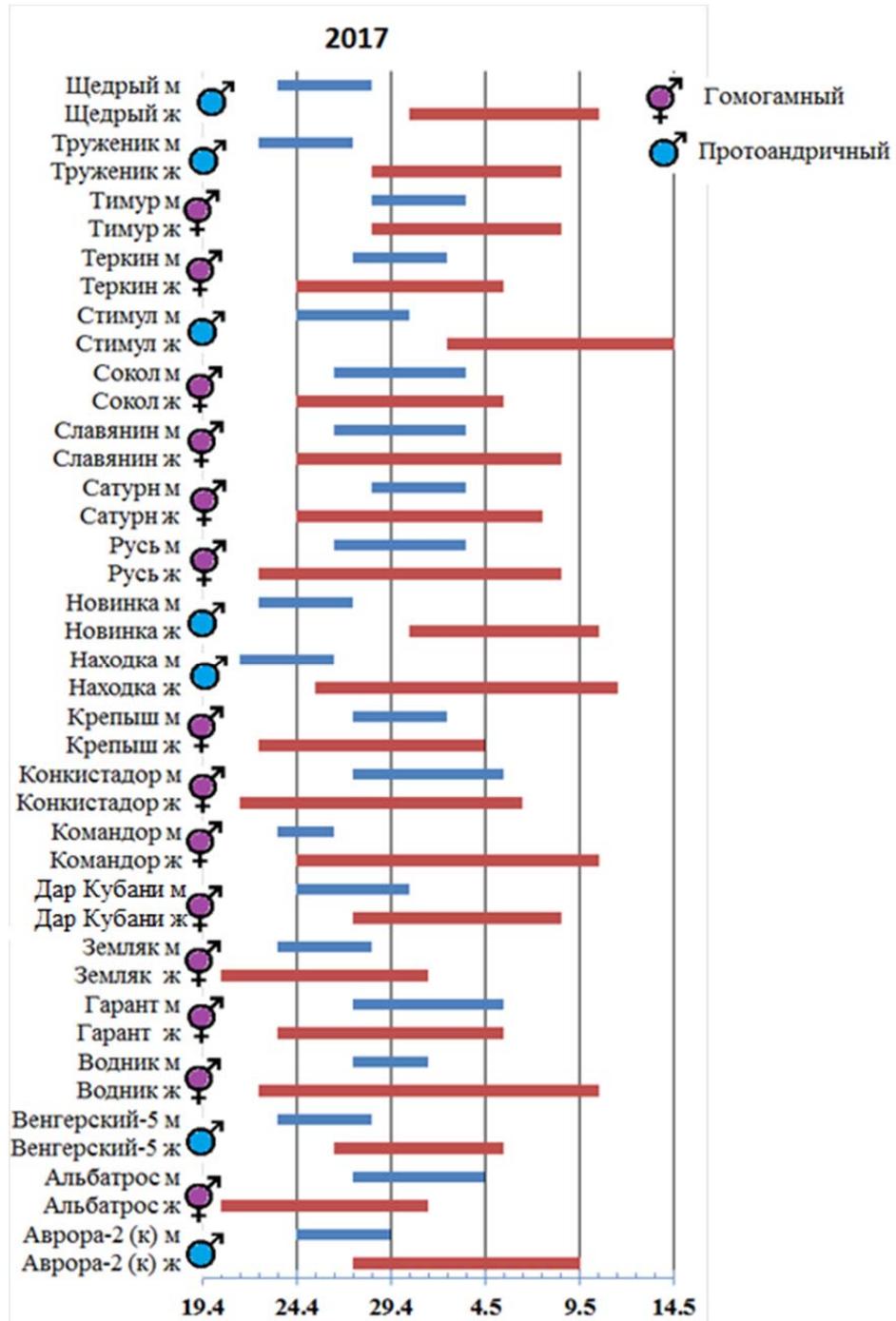


Рисунок 16 Сроки цветения ореха грецкого в 2017 году

В 2018 году самое раннее начало восприимчивости пестичных цветков отмечено у формы Альбатрос – 23 апреля, а наиболее позднее у формы Стимул (3 мая). Начало выделения пыльцы мужскими соцветиями наблюдалось в период 23 апреля (Находка) – 1 мая (Тимур, Сатурн, Сокол). Продолжительность восприимчивости пестичных цветков варьировала от 8 (Труженик) до 16 (Командор) дней, продолжительность выделения пыльцы от 4 до 7 дней (рисунок 17).

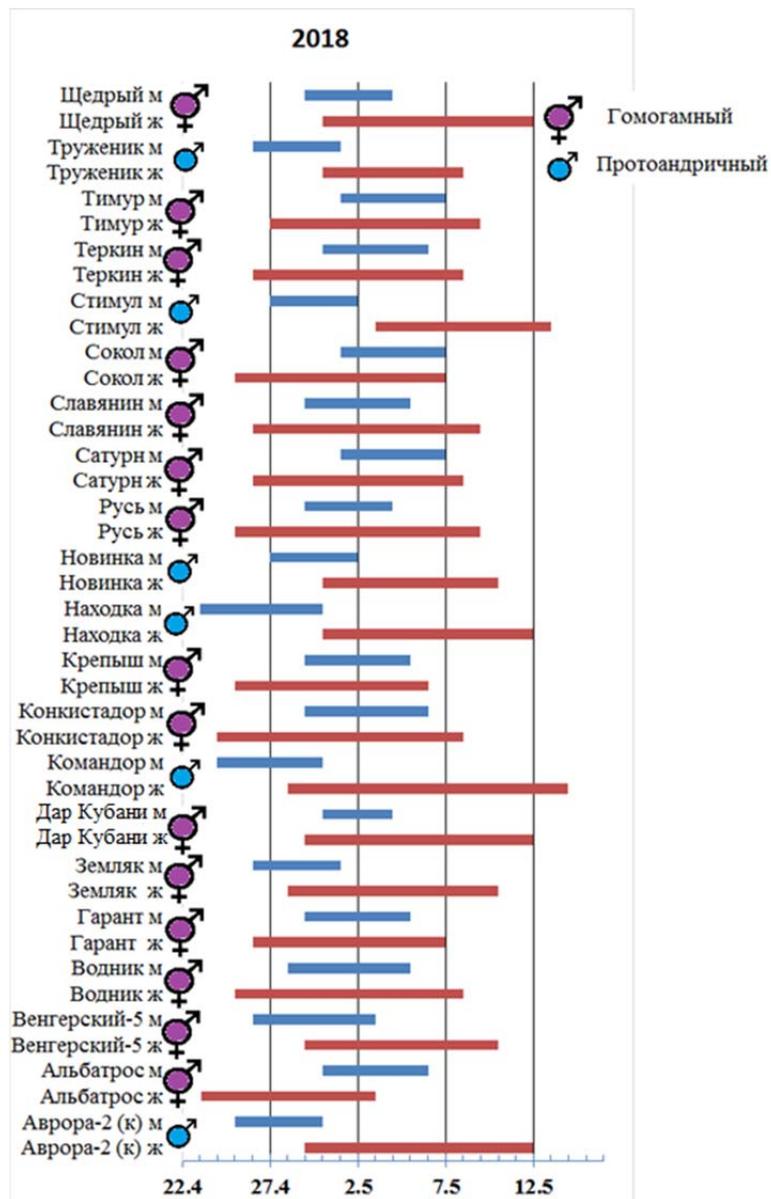


Рисунок 17 Сроки цветения ореха грецкого в 2018 году

В 2019 году самое раннее начало восприимчивости пестичных цветков отмечено у форм Альбатрос, Водник – 26 апреля, а наиболее позднее у формы Стимул (4 мая). Начало выделения пыльцы мужскими соцветиями наблюдалось в период 30 апреля – 6 мая. Продолжительность восприимчивости пестичных цветков варьировала от 9 (Новинка) до 14 (Земляк) дней, продолжительность выделения пыльцы от 4 до 7 дней (рисунок 18).

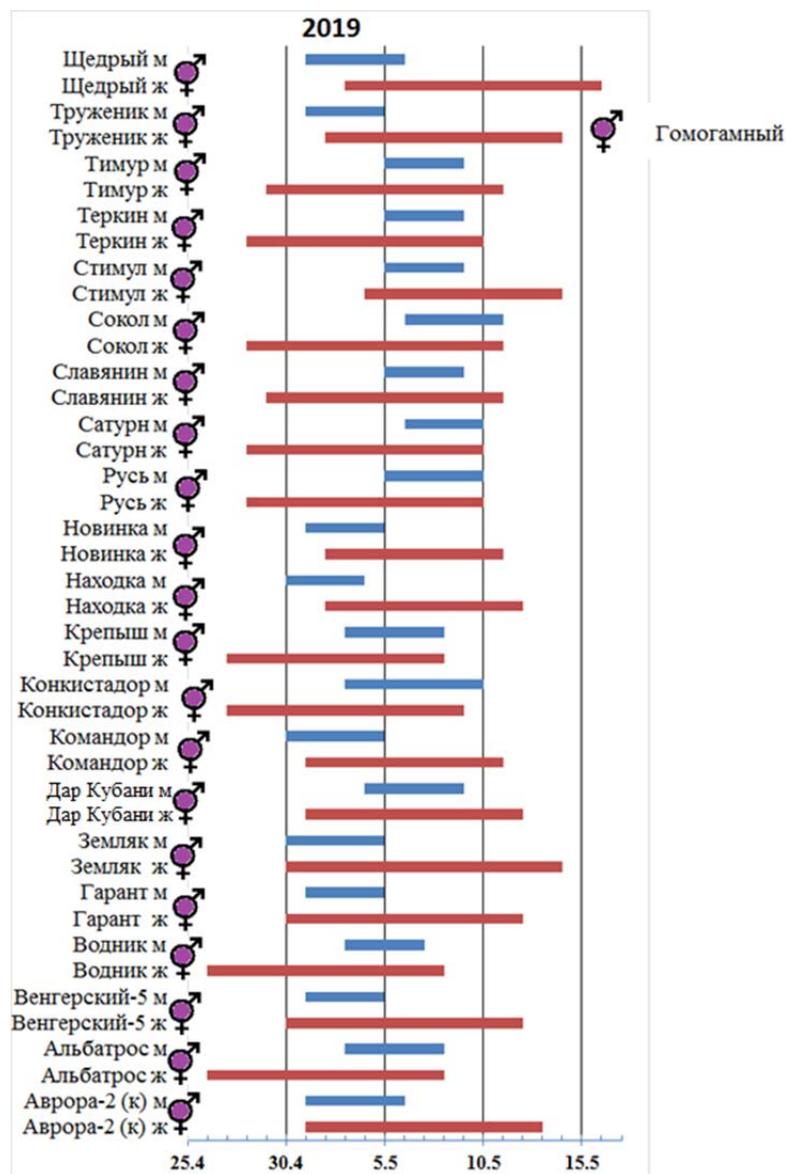


Рисунок 18 Сроки цветения ореха грецкого в 2019 году

Наблюдения за изученный период показывают, что нельзя понимать протогинию или протерандрию ореха грецкого как неперенное качество, при

котором сроки цветения не пересекаются и всегда наступают относительно друг друга в одном и том же отрезке времени. Отнести в данном ключе тот или иной генотип ореха грецкого четко к протогиничному или протерандричному типу цветения нельзя, так как в зависимости от погодных условий сроки цветения мужских и женских цветков сдвигаются относительно друг друга (Таблица 8).

Таблица 8 Подбор оптимальных опылителей среди двадцати сортоформ ореха грецкого.

Опылители \ Опыляемые формы	Аврора-2 (к)	Альбатрос	Венгерский 5м	Водник	Гарант	Земляк	Дар Кубани	Командор	Конкистадор	Крепыш	Находка	Новинка	Русь	Сатурн	Славянин	Сокол	Стимул	Теркин	Тимур	Труженик	Щедрый	
Аврора-2 (к)				1					1	1			1	1		1			1			
Альбатрос	1			1							1				1			1		1		
Венгерский 5м					1				1							1			1			
Водник					1				1	1			1	1		1			1			
Гарант		1	1			1	1		1	1		1	1	1		1	1		1			1
Земляк					1				1	1						1			1			
Дар Кубани									1	1				1		1			1			
Командор				1											1			1				
Конкистадор	1			1				1			1				1			1			1	
Крепыш		1			1	1			1			1	1	1		1	1		1			1
Находка									1					1		1			1			
Новинка					1				1							1			1			
Русь		1	1		1	1			1	1		1		1		1	1		1			1
Сатурн					1				1	1			1			1			1			
Славянин	1	1		1	1	1			1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1
Сокол		1			1	1			1	1		1	1	1				1		1		1
Стимул									1							1			1			
Теркин		1	1			1	1					1	1				1					1
Тимур		1			1				1				1			1	1					
Труженик					1				1							1			1			
Щедрый					1				1	1			1	1		1			1			

Примечание: в таблице ячейки отмеченные зеленым цветом означают, что опылители (столбцы) продуцируют пыльцу в период восприимчивости пестиков опыляемых сортов (строки).

Однако, несомненно, тенденция к более раннему цветению либо мужских, либо женских цветков имеет место. Наилучшими опылителями по итогам всех лет (учитывалось совпадение сроков выделения пыльцы и восприимчивости пестиков на не менее чем 60%, по всем годам испытания), являются формы Гарант (опылитель для 13 форм из 21), Конкистадор (17 из 21), Сокол и Тимур (16 из 21).

Данные формы являются хорошими опылителями для практически всей изученной группы сортоформ, однако формы с ранним наступлением восприимчивости женских цветков нуждаются в таких опылителях, как Водник, Славянин, Теркин. При сочетании в саду сортов из этих двух групп, опыление будет наиболее эффективным.

### 3.1.2 Устойчивость растений ореха грецкого к основным патогенам.

Одним из приоритетных направлений в селекции культурных растений является устойчивость к биологическим стрессорам. Вредоносным патогеном ореха грецкого является бурая пятнистость (марсония), вызываемая несовершенным грибом *Ophiognomonia leptostyla* (*Syn. Gnomonia leptostyla*). Данный патоген поражает листья, неодревесневшие побеги и плоды ореха грецкого, существенно снижая продуктивность фотосинтеза, а кроме того поражает плоды, тем самым снижая качество урожая. Не менее вредоносным агентом, поражающим растения ореха грецкого является *Xanthomonas arboricola* *pv. juglandis*, эта протеобактерия поражает все виды тканей ореха грецкого, в том числе плоды. Ввиду того, что патоген зимует в спящих почках, его развитие не поддается контролю. Несмотря на то, что в пределах рода *Juglans* не обнаружено иммунных форм к марсонии и бактериозу, растения ореха грецкого проявляют различную реакцию на эти заболевания.

В условиях естественного инфекционного фона, проводились отборы пораженных листьев, с исследуемых деревьев. 1 балл – поражено до 10 % поверхности листа; 2 балла – поражено 11-25 % поверхности листа; 3 балла –

поражено 26-50 % поверхности листа; 4 балла – поражено свыше 50 % поверхности листа. С учетных деревьев случайным образом отбирали по 10 листьев, на основании оценок выставлялся средний балл поражения (Таблица 9).

Таблица 9 Степень поражения форм ореха грецкого марсониезом в условиях естественного инфекционного фона в 2012-2019 гг.

Сорт, форма	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Аврора-2	1	1	3	2	2	2	3	2
Альбатрос	1	2	2	2	2	1	2	2
Венгерский-5	1	1	0	1	1	1	0	0
Водник	2	2	1	3	2	3	2	3
Гарант	1	1	1	2	1	1	2	2
Земляк	1	1	1	1	1	1	1	1
Дар Кубани	1	1	2	1	1	1	2	2
Командор	1	1	2	1	1	1	2	2
Конкистадор	2	2	3	2	2	2	3	3
Крепыш	1	1	2	2	1	2	2	2
Находка	1	1	1	2	1	1	2	2
Новинка	1	3	1	3	2	2	3	3
Русь	1	1	1	1	1	1	1	1
Сатурн	1	2	2	1	1	2	2	2
Славянин	1	1	2	1	2	2	2	2
Сокол	1	2	2	1	1	2	2	2
Стимул	1	2	1	1	1	1	2	1
Теркин	1	2	2	1	1	1	2	2
Тимур	1	2	1	1	1	1	2	2
Труженик	1	1	2	2	2	2	2	2
Щедрый	1	3	2	1	1	2	3	2

Исходя из полученных данных, можно заключить, что в течение исследуемого периода степень развития марсониеза варьировала. В 2012 году наблюдался достаточно низкий уровень развития патогена, тогда как два последующих года, заболевание проявилось более активно. В 2015-2017 году наблюдалось умеренное развитие заболевания. В дальнейшем отмечен рост проявлений марсониеза, пик развития пришелся на 2018 год, с небольшим спадом в 2019. Эти наблюдения свидетельствуют в пользу того, что значительным образом на степень развития марсониеза влияют погодные условия. Наиболее благоприятные условия для патогена складываются в годы с продолжительными

осадками на фоне пониженных температур. Такая погода характерна для весны и начала лета, когда и начинается интенсивно развиваться инфекция, на фоне активной вегетации ореха грецкого.

Подобная же картина характерна и для бактериоза ореха грецкого. Однако, судя по развитию болезни в разные годы, существует тенденция к чередованию от умеренного распространения в четные годы к более сильному в нечетные. Исключением являются 2018 и 2019 годы, когда бактериоз особенно сильно поражал плоды и листья опытных растений (Таблица 10).

Таблица 10 Степень поражения форм ореха грецкого бактериозом в условиях естественного инфекционного фона в 2012-2019 гг.

№	Сорт, форма	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	Аврора-2	1	1	2	2	1	1	2	2
2	Альбатрос	1	3	2	2	1	3	2	3
3	Венгерский-5	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Водник	1	1	1	0	1	1	1	1
5	Гарант	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Земляк	0	1	1	0	1	0	0	0
7	Дар Кубани	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Командор	1	3	1	3	1	1	3	3
9	Конкистадор	1	0	1	0	0	0	1	1
10	Крепыш	1	1	1	1	1	1	1	1
11	Находка	1	1	0	1	0	1	1	1
12	Новинка	3	1	1	1	1	1	3	3
13	Русь	1	1	1	2	1	1	1	1
14	Сатурн	1	1	1	1	1	1	1	1
15	Славянин	1	1	1	1	1	1	1	1
16	Сокол	1	1	1	1	1	2	1	2
17	Стимул	0	1	0	1	0	1	1	2
18	Геркин	1	1	1	2	1	2	1	1
19	Тимур	0	1	1	1	0	1	1	2
20	Труженик	1	1	0	1	0	1	1	1
21	Щедрый	1	1	1	3	1	1	3	3

Наиболее устойчивыми к марсонии по итогам наблюдений стали формы Венгерский-5, Земляк и Русь, пораженные на уровне 1 балла. Наименьшей

устойчивостью характеризовались формы Конкистадор, Новинка, Водник, Щедрый со степенью поражения варьировавшей от 2 до 3 баллов.

Лучшими показателями по устойчивости к бактериозу характеризовались формы Земляк, Конкистадор, Находка в среднем за исследуемый период, поражавшиеся от 0 до 1 баллов. Наименьшей устойчивостью по итогам четырехлетних наблюдений обладали Альбатрос, Командор, Новинка, Щедрый степень поражения которых доходила до 3 баллов в отдельные годы.

Среди изученных форм следует выделить форму Земляк, которая проявляла низкий балл поражения, как марсониезом, так и бактериозом. Низкими показателями устойчивости к обоим заболеваниям характеризовалась форма Новинка и Аврора.

### **3.1.3 Биометрические показатели роста деревьев ореха грецкого.**

Одним из новых направлений в селекции ореха грецкого, является селекция на сдержанный рост. Сила роста дерева определяется такими показателями, как высота дерева, площадь проекции, диаметр и объем кроны.

Интенсификация садоводства с тенденцией к сдерживанию роста деревьев, для более компактного размещения и повышения урожайности с единицы площади, активно началась во второй половине двадцатого века. Однако такая тенденция продолжительное время не наблюдалась в селекции ореха грецкого. По всей видимости, это связано с традиционным использованием не только плодов ореха грецкого, но и его древесины, что обуславливает интерес селекционеров к сильнорослым сортам. Данные биометрических показателей деревьев ореха грецкого за 2013-2020 годы, приведены в таблице 11.

Таблица 11. Биометрические показатели роста деревьев ореха грецкого 2013-2020 (ЗАО ОПХ «Центральное»)

№	Название	Диаметр кроны, м	Площадь под кроной, м <sup>2</sup>	объем кроны, м <sup>3</sup>	Высота дерева, м
1	Аврора	9	64	56	9
2	Альбатрос	9	64	56	9
3	Венгерский-5	7	38	29	8
4	Водник	10	79	88	11
5	Гарант	7	38	34	9
6	Земляк	8	50	31	7
7	Дар Кубани	6	28	21	8
8	Командор	10	79	79	10
9	Конкистадор	4	13	5	4
10	Крепыш	9	64	56	9
11	Находка	6	28	28	10
12	Новинка	10	79	69	9
13	Русь	14	154	154	10
14	Сатурн	10	79	59	8
15	Славянин	8	50	50	10
16	Сокол	12	113	113	10
17	Стимул	9	64	64	10
18	Геркин	6	28	25	9
19	Тимур	8	50	38	8
20	Труженик	8	50	38	8
21	Щедрый	6	28	25	9
	НСР 0,05	0,7	2,4	4,9	0,8

Известны насаждения ореха грецкого возрастом более ста лет, размещенные по схеме 20х20 м (25 деревьев на гектар), дающие 25 центнеров ореха грецкого с гектара, что вполне сопоставимо по урожайности с современными сортами ореха грецкого с более уплотненной схемой размещения (около 30 центнеров с гектара). Тем не менее, в последнее время существует интерес, как у селекционеров, так и у производителей ореха грецкого к сортам сдержанного роста, полукарликовым и карликовым сортам.

Согласно литературным данным, гены, отвечающие за сдержанный рост, сцеплены с генами, отвечающими за закладку плодов в латеральном положении и скороплодностью [129].

Наиболее сильнорослыми деревьями из представленной выборки оказались – Русь, Водник, Командор, Сокол. В группу деревьев со сдержанным ростом можно отнести формы Конкистадор, Дар Кубани, Теркин, Щедрый, Находка. Все прочие генотипы относятся к среднерослым формам. Отдельно стоит отметить форму Конкистадор, которая получена от свободного опыления формы Мирный, дерево отличается сдержанным ростом на фоне высокой продуктивности.

Внедрение слаборослых форм в селекцию позволит повысить продуктивность садов ореха грецкого и снизить срок выхода урожайности на плато, ввиду сцепленного характера наследования латерального плодоношения и сдержанного роста. Это обусловлено тем, что для среднерослых сортов ореха грецкого схема размещения в саду предусматривается 10x15 м, а для сильнорослых до 17x17 м. Такой сад начинает приносить стабильный высокий урожай, начиная с 12-15 лет после посадки. Как правило, для повышения рентабельности в таких садах используют более низкорослые культуры, высаживая их в междурядьях и убирая по мере роста основного сада. Безусловно, такой подход оправдан, но связан с дополнительными расходами на закладку и уходные работы. Вышеуказанные сортоформы Конкистадор, Дар Кубани, Теркин, Находка и Щедрый могут быть использованы не только для решения селекционных задач по данному направлению, но также могут быть рекомендованы как перспективные слаборослые генотипы для производства - при закладке интенсивных садов и личных подсобных хозяйств.



В среднем большей массой орехи обладали в 2015, 2014, 2018 годах, самой низкой в 2013 году. Очень крупными считаются орехи массой более 14 грамм, к такому можно отнести Русь (15,7 г), просто крупными считаются орехи массой от 12 до 14 грамм, такими плодами обладают сортоформы Водник (13,5 г) и Славянин (13,7 г). Орехи от 10 до 12 грамм считаются средними по размерам, в эту группу вошло большинство исследованных сортоформ – 11 из 21. Мелкими считают орехи массой от 8 до 10 грамм, в данную группу можно отнести плоды сортоформ Альбатрос, Гарант, Крепыш, Новинка, Сатурн, Стимул, Щедрый (Рисунок 19).

Что касается такого существенного признака, как легкость извлечения ядра, то в данном аспекте, все изученные формы демонстрировали хорошие показатели.

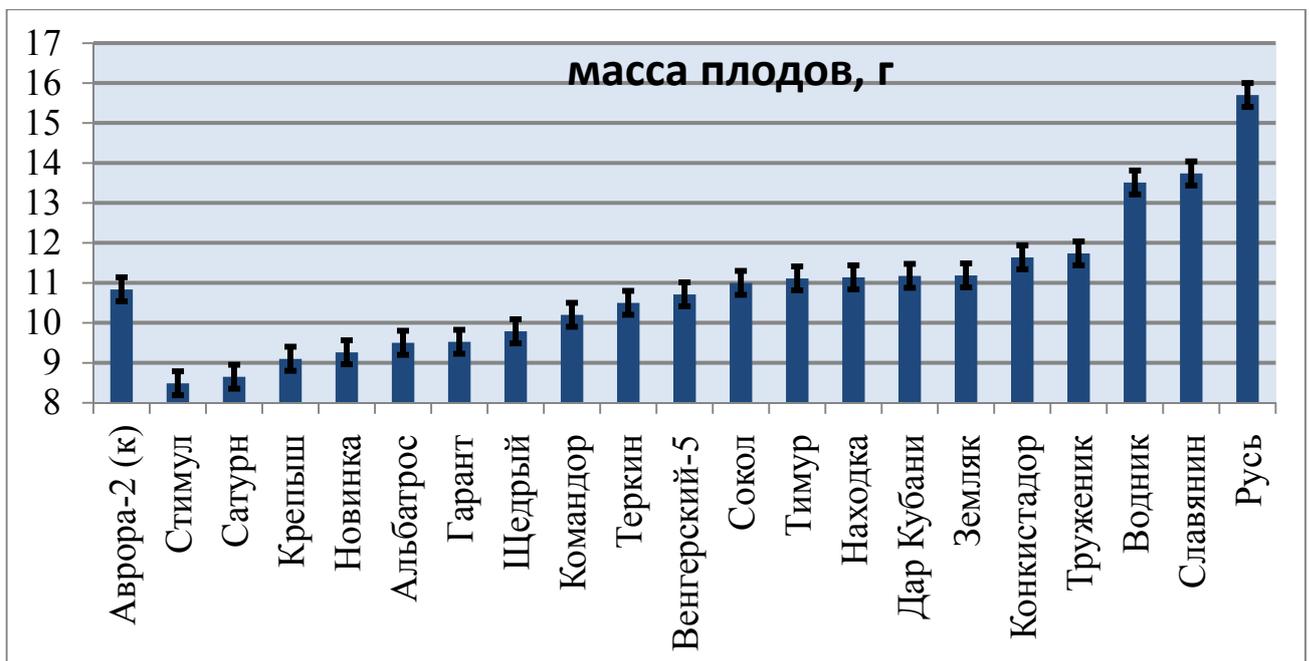


Рисунок 19 Масса плодов ореха грецкого, в среднем за 2012-2019 гг.

Общепринято относить орехи с выходом ядра ниже 48% к низкокачественным, в то время как выход ядра, превышающий 62%, обуславливает излишнюю ломкость скорлупы, склонность к перфорации, а



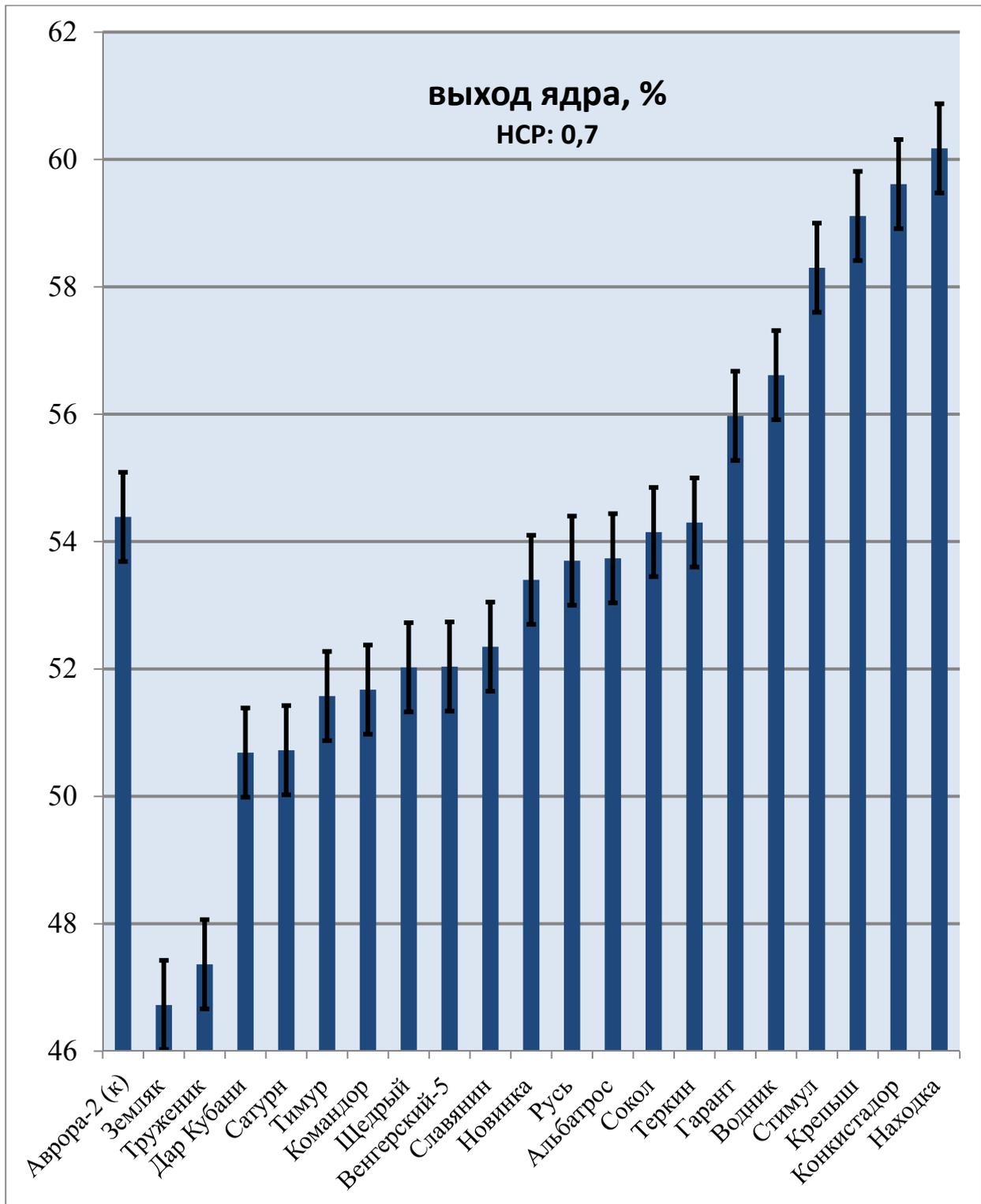


Рисунок 20 Выход ядра ореха грецкого, в среднем за 2012-2019 гг.

Наилучшими показателями по вкусовым качествам обладала сортоформа Находка, самые слабые показатели у формы Стимул (Таблица 13, Рисунок 21).

Таблица 13. Показатели вкусовых качеств плодов сортоформ ореха грецкого на период с 2012 по 2019 год.

№	Сорт, форма	Вкусовые качества, балл								
		2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	среднее
1	Аврора-2 (к)	4,6	4,5	4,3	4,4	4,5	4,4	4,5	4,5	4,5
2	Альбатрос	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,4	4,5
3	Венгерский-5	4,6	4,5	4,6	4,4	4,4	4,6	4,5	4,5	4,5
4	Водник	4,6	4,5	4,5	4,5	4,6	4,5	4,5	4,4	4,5
5	Гарант	4,6	4,5	4,4	4,5	4,4	4,5	4,6	4,5	4,5
6	Земляк	4,4	4,3	4,6	4,3	4,4	4,5	4,5	4,5	4,4
7	Дар Кубани	4,5	4,5	4,4	4,4	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5
8	Командор	4,4	4,4	4,4	4,5	4,4	4,5	4,5	4,5	4,5
9	Конкистадор	4,4	4,6	4,6	4,4	4,5	4,6	4,4	4,5	4,5
10	Крепыш	4,5	4,5	4,5	4,3	4,3	4,5	4,4	4,4	4,4
11	Находка	4,7	4,6	4,6	4,6	4,6	4,7	4,6	4,5	4,6
12	Новинка	4,3	4,3	4,4	4,4	4,3	4,4	4,3	4,4	4,4
13	Русь	4,4	4,4	4,5	4,4	4,4	4,5	4,4	4,5	4,4
14	Сатурн	4,5	4,4	4,5	4,6	4,5	4,6	4,4	4,5	4,5
15	Славянин	4,5	4,5	4,4	4,4	4,4	4,5	4,4	4,5	4,5
16	Сокол	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
17	Стимул	4,4	4,4	4	4	4,2	4,4	4,2	4,3	4,2
18	Теркин	4,6	4,4	4,5	4,5	4,5	4,4	4,5	4,5	4,5
19	Тимур	4,3	4,4	4,4	4,4	4,3	4,4	4,3	4,4	4,4
20	Труженик	4,6	4,6	4,5	4	4,5	4,5	4,4	4,5	4,5
21	Щедрый	4,5	4,6	4,6	4,5	4,5	4,4	4,4	4,5	4,5

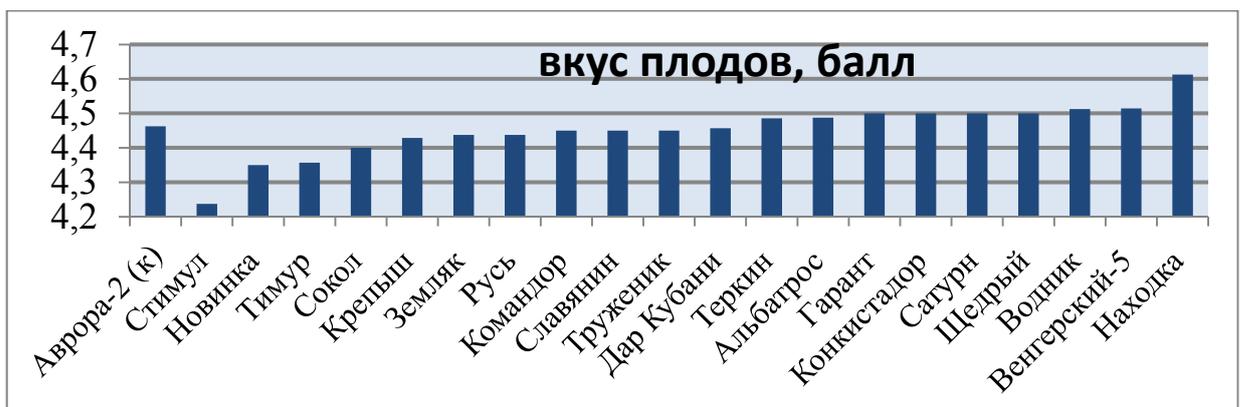


Рисунок 21 Дегустационная оценка вкусовых качеств ореха грецкого, в среднем за 2012-2019 гг.

Исходя из полученных данных, следует отметить форму Находка, выделившуюся по показателям выход ядра и вкусовые качества. Форма Стимул, несмотря на высокий выход ядра, попала в разряд худших по размерам ореха и вкусовым качествам.

### **3.1.5 Продуктивность форм ореха грецкого в условиях Краснодарского края.**

Основным критерием в селекционной работе является продуктивность, основу которой закладывает биологический потенциал сорта. В показатель продуктивности плодовых культур вносят вклад такие характеристики, как скороплодность, стабильность плодоношения, длительность продуктивного периода и урожайность. Для ореха грецкого характерны такие особенности, как сильнорослость (в сравнении с большинством плодовых культур), а также длительный ювенильный период (до 12 лет). Кроме того, большая часть сортотипов ореха при умеренной удельной урожайности и большом габитусе могут плодоносить более ста лет. Известны сады ореха грецкого в Европе, плодоносящие на уровне 2,5 т/га, разбитые по схеме 20x20, возраст этих насаждений превышает полтора столетия. В этой связи можно заключить, что длительность продуктивного периода для ореха грецкого с трудом поддается оценке и не вносит значительного вклада в продуктивность.

В связи с высоким спросом на древесину ореха со стороны производителей стрелкового оружия и мебели в селекции грецкого ореха длительное время сохранялась тенденция к получению сильнорослых и среднерослых сортов. Схема закладки садов в большинстве своем предусматривает междурядье в 14-15 м и расстояние между растениями в ряду 10 м и более. При таком размещении деревья обеспечивают максимальную продуктивность, так как не происходит взаимного затенения. Однако, для того, чтобы растения заполнили отведенную им площадь должно пройти 12-15 лет, и только тогда продуктивность сада выйдет на



Для оценки стабильности плодоношения используют различные подходы, коэффициенты и индексы, в данном исследовании использовали индекс периодичности плодоношения, представляющий отношение суммы квадратов разности урожаев текущих лет, и средней урожайности к квадрату средней урожайности, умноженному на число лет, выраженное в процентах.

$$J = 100 \cdot \frac{\sum(y_i - y)^2}{n \cdot y^2}$$

где  $y_i$  – урожай текущего года, а  $y$  – средняя урожайность за  $n$  лет;

Показатели периодичности плодоношения варьировали в значительной степени, от 0,93% у сортоформы Сатурн, и до 32,97% у Стимул, однако следует понимать, что помимо физиологической компоненты на индекс периодичности существенным образом влияет сумма факторов внешней среды вкупе с ответом растения на эти воздействия. Так, в определенные годы урожайность существенным образом снижалась от повреждений возвратными заморозками. Таким образом, полученные значения  $J$  следует рассматривать как суммарные показатели стабильности плодоношения, учитывающие как влияние негативных факторов среды, так и физиологические особенности форм, детерминирующие закладку плодовых почек в разные годы. К наиболее стабильным по плодоношению формам следует отнести те, индекс  $J$  которых не превысил 3,5%: Сатурн (0,93%) Теркин (1,28%), Дар Кубани (1,69%), Сокол (3,18%), Альбатрос (3,29%), Новинка (3,49%). Наиболее нестабильно плодоносят формы с индексом  $J$  превышающим 20% - Стимул (32,97%), Командор (23,87%), Труженик (23,00%), Славянин (20,53%). Что касается урожайности сортоформ, то ее значения колебались в пределах – от 0,3 т/га до 4 т/га. В значительной степени показатель урожайности зависел от погодных условий, в частности, в 2014 году большая часть форм пострадала от весенних заморозков, что привело к снижению объема урожая.

Наибольшей средней урожайностью обладали формы Дар Кубани и Конкистадор (по 2,8 т/га), Теркин и Альбатрос (по 2,4 т/га), что на 0,5 т/га и 0,1 т/га соответственно, превышает среднюю урожайность контрольного сорта Аврора-2 (рисунок 22).

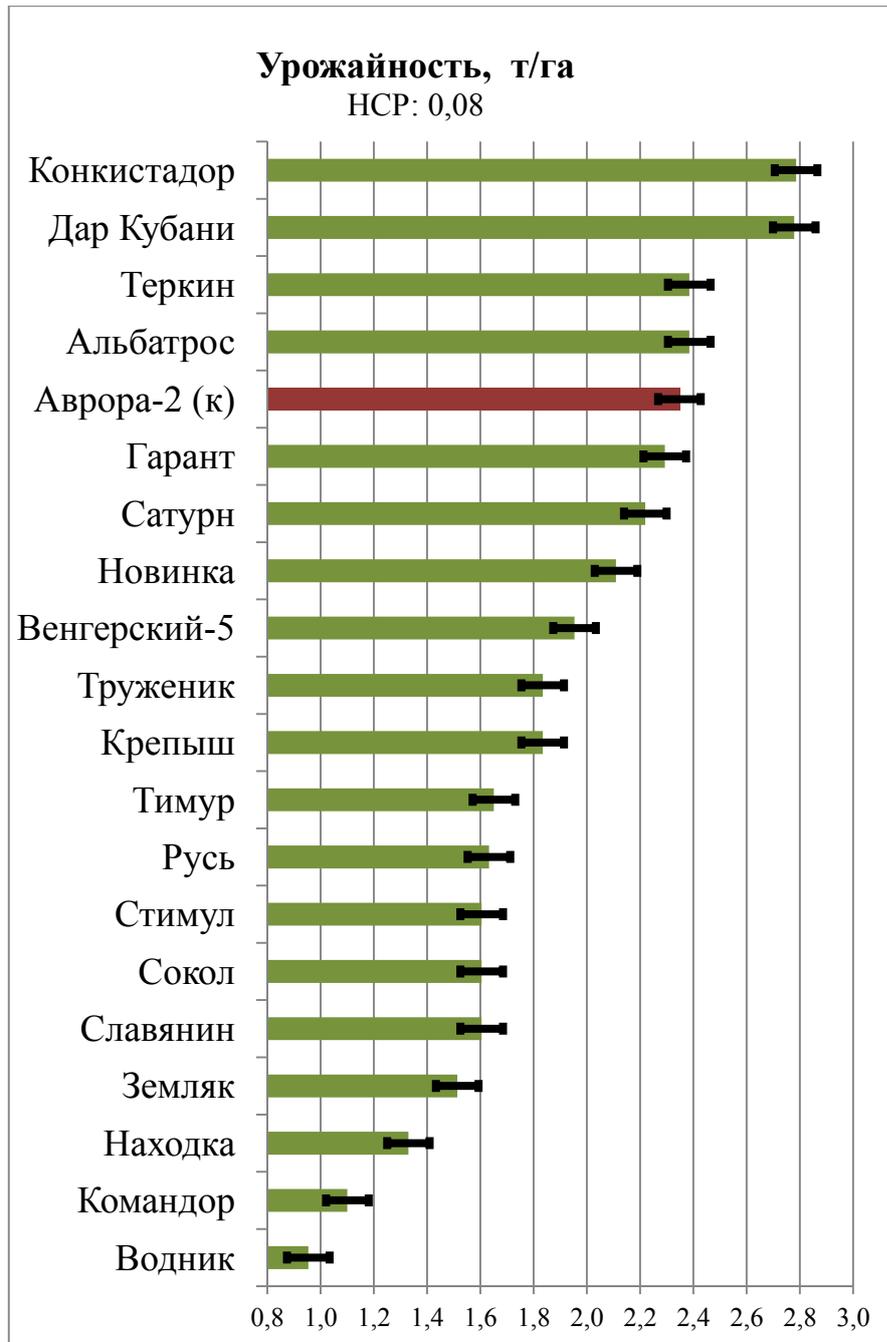


Рисунок 22 Средняя урожайность сортоформ ореха грецкого за 2012-2019 гг, т/га.

У форм Дар Кубани, Альбатрос и Теркин, как и у контрольного сорта Аврора-2, хорошие показатели средней урожайности сочетались с высокими значениями индекса J, что говорит о стабильном хорошем плодоношении и устойчивости этих форм к стресс-факторам, снижающим продуктивность. Данные формы следует выделить в качестве источников по продуктивности и стабильному плодоношению. Несмотря на существенную разницу продуктивности по ряду лет, форма Конкистадор характеризуется высокой средней урожайностью и также может являться источником данного признака.

### 3.1.6 Кластерный анализ селекционно-ценных признаков и биологических особенностей сортоформ ореха грецкого

В ходе работ был проведен кластерный анализ сортоформ ореха грецкого по десяти фенотипическим признакам: срок начала вегетации, характер цветения (протоандричный, протогиничный, гомогамный), устойчивость к марсониизу, устойчивость к бактериозу, размеры плода, выход ядра, вкусовые качества, урожайность, периодичность плодоношения, сила роста (рисунки 23, 24).



Рисунок 23 Анализ селекционно-ценных признаков сортоформ ореха грецкого по методу главных координат

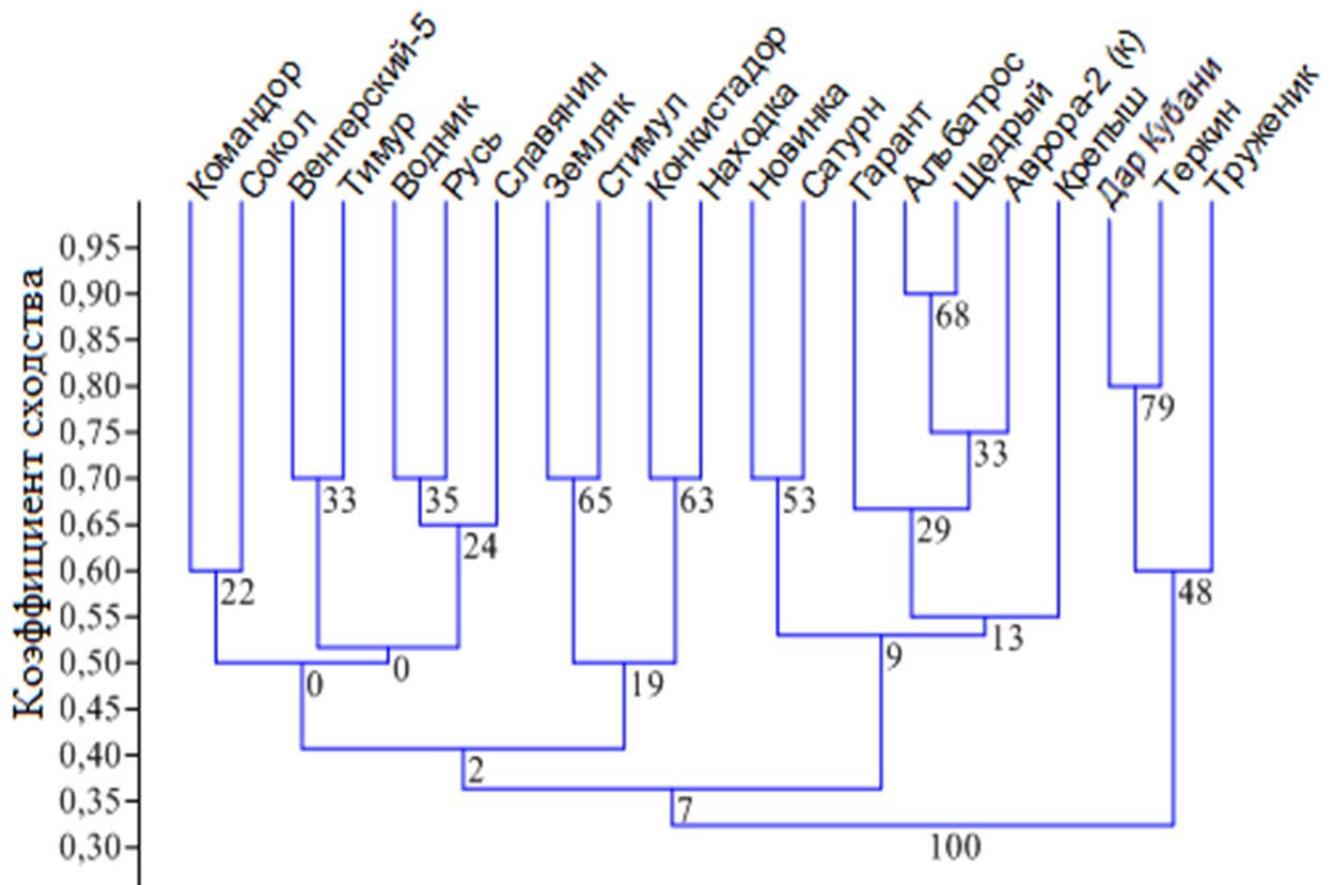


Рисунок 24 Дендрограмма, полученная методом кластеризации фенотипических признаков сортоформ ореха грецкого по Дайсу

В ходе подготовки к анализу, данные были переведены в формат бинарной матрицы. Согласно полученным данным, можно выделить два кластера, уровень различий между ними не велик и составляет около 30 %. Первый кластер включает сортоформы Дар Кубани, Теркин, Труженик. Все прочие сортоформы представлены во втором Кластере. Сравнительный анализ кластеризации по генотипу (см. Главу 3.2.), не выявил значительных совпадений с результатами кластерного анализа по фенотипу. Данный факт объясним тем, что молекулярные маркеры являются нейтральными, то есть не подвержены действию естественного и искусственного отбора. В то время как, анализируемая выборка безусловно претерпела воздействие обеих форм отбора по анализируемым признакам.

## 3.2 Генетическое разнообразие и структура генофонда *J.regia*

### 3.2.1 Анализ полиморфизма микросателлитных локусов

В ходе работы были проанализированы по 11 локусам 35 сортоформ из коллекции ореха грецкого СКФНЦСВВ, а также сорта Вина и Чандлер калифорнийской селекции. С целью оценки генетических взаимосвязей генофонда ореха грецкого из коллекции СКФНЦСВВ с генплазмой, представляющей различные регионы распространения данной культуры, в работу по изучению генетических взаимосвязей с использованием ДНК-маркерного анализа были включены также сорта и сортообразцы из Крыма (13 штук), и Молдовы (12 штук). Как уже было указано ранее (раздел 2.1) сорта, вошедшие в экспериментальную выборку в большей части являются отборами из местных семенных популяций [98]. Данный факт дает возможность оценивать генетические связи локальных генофондов ореха грецкого. Для оптимизации работы 11 использованных в работе микросателлитных ДНК-маркеров были сгруппированы в мультиплексные наборы, которые представлены в таблице 15.

Таблица 15. Используемые в работе мультиплексные наборы маркеров

Локус	мультиплекс, №	Размеры продуктов, п.н.	Флуоресцентный краситель
WGA001	1	176-194	FAM
WGA069	1	164-184	ROX
WGA349	1	268-282	TAMRA
WGA376	1	235-259	R6G
WGA009	2	235-253	R6G
WGA202	2	255-281	TAMRA
WGA276	2	146-194	FAM
WGA005	3	238-266	FAM
WGA054	3	115-127	TAMRA
WGA089	3	212-234	FAM
WGA321	3	227-249	ROX

Как видно из таблицы, флуоресцентные метки выбирались таким образом, чтобы обеспечить одновременную идентификацию нескольких маркеров.

На рисунке 23, для примера, представлены данные анализа сортов Изыщный и Любимый Петросяна по микросателлитным локусам WGA069 и WGA001. Результаты представлены в рабочем окне программы Gene Mapper 4.1. Как видно из рисунка, при проведении фрагментного анализа, диапазоны размеров фрагментов не перекрываются. Это позволяет безошибочно проводить идентификацию целевых фрагментов, представленных пиками на электрофореграмме.

Наличие двух пиков / двух фрагментов на электрофореграмме (маркер WGA202) свидетельствует о гетерозиготности микросателлитного локуса, присутствие только одного фрагмента о гомозиготности. Как видно из рисунка 25, совместная амплификация по данным локусам не вызывает проблем с интерпретацией при электрофоретическом разделении продуктов.

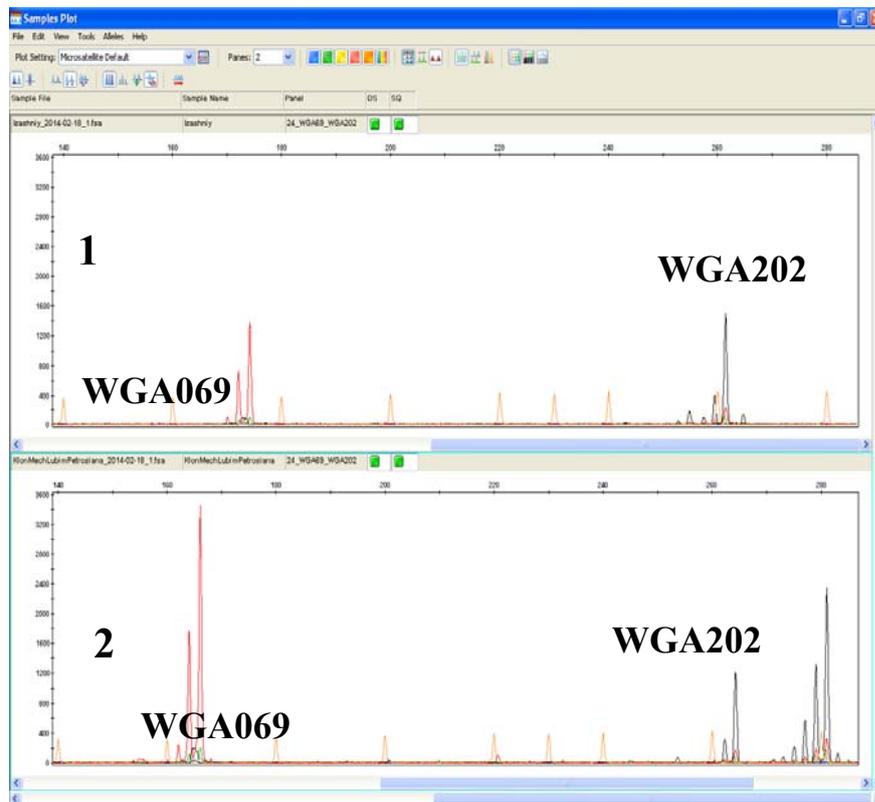


Рисунок 25 Фрагментный анализ сортов ореха грецкого Изыщный (1) и Любимый Петросяна (2) по мультиплексному набору, включающему SSR-маркеры ореха грецкого WGA069 и WGA202.

В результате выполнения SSR-генотипирования для каждого из сортов изученной выборки были полученные сортоспецифичные фингерпринты. В таблице 16 приведены SSR-фингерпринты для всех изученных сортов. Для каждого сорта указан размер амплифицированных последовательностей в парах нуклеотидов по каждому из использованных в работе микросателлитных ДНК-маркеров. Наличие одного фрагмента соответствует гомозиготности локуса, наличие двух фрагментов – гетерозиготности.

Таблица 16. SSR-фингерпринты изученных сортоформ ореха грецкого

SSR-маркер	Название сорта																						
	WGA001	WGA005	WGA009	WGA054	WGA069	WGA089	WGA202	WGA276	WGA321	WGA349	WGA376												
1	Десертный	190		238		240	244	117	125	161	163	214	216	261	265	172	174	239	245	273	277	239	255
2	Дачный	182	188	238	256	240	244	113	125	161	171	222		259	261	174	190	239	245	270	273	255	
3	Масленичный	188	190	238	254	244		117		163	181	220	222	261	265	174	190	239	245	273	279	239	255
4	Изящный	190		264	266	232	240	117		171		216	222	257	261	170	174	243		267	277	239	241
5	Заря Востока	190		238	254	240	244	113	125	171		212	216	265		170	172	239	243	273	277	255	
6	Селекционер	190		238	264	232	240	109	125	167	181	216	222	265	277	172		239	245	273		239	255
7	Родина	186	188	236	264	244	248	117	127	179		216		261	265	162	174	243		271		255	
8	Надежда	190		238	264	240	244	109	113	171		216	222	261		166	172	239		273		255	
9	Любимый Петросяна	190		238	254	244		117		163		216	222	261		172	190	243		273		239	255
10	Пелан	186	190	238	248	240	248	113	125	161	171	212	216	261	265	172	188	239	243	273		239	255
11	Гхакушиновский	182	186	238		244	250	125		171	179	212	222	265	267	174	190	227		271	285	239	255
12	Липин	176	184	252		234		125		159	179	216	222	261	267	142	192	227		269	285	245	255
13	Новинка	186		238		240		117	125	163	171	216		261		166	190	239		273		255	
14	Славянин	186	190	248	266	240	244	113	117	171	177	216	222	268		170		239	243	267		231	241
15	Стимул	178	186	238	252	240	248	125		163	171	212	216	267		172	190	239	243	273		255	
16	Сатурн	186	190	238		240	244	125		163	171	216		265	268	172	188	239	243	273	277	239	255
17	Сокол	186	190	248	264	232	240	113	125	161		216	222	265		172	190	239	245	273		239	
18	Земляк	186	188	236	238	244	248	125		171	177	212	216	268		168	172	239	243	273		255	
19	Тимур	186	190	238		240		109	125	171		212	222	261		166	188	239		273		239	255
20	Труженик	190		248	266	240		113	117	161	177	216	222	261		166	172	239		273	277	239	241
21	Урожайный	178	186	238	250	240		113	117	171	181	212		261		172	190	239		273		239	255
22	Овен	178	182	238	250	248		125		161	179	222		265	268	168	186	227	239	269	273	231	255
23	ф97	186	190	238	248	232	240	117	125	171		212	216	261	265	166	188	239	245	273		239	253
24	Аврора	186	190	238		232	240	117	125	171	179	216		261	265	176	190	239	245	273	279	231	239
25	Теркин	186	190	238	248	240	248	113	117	163	171	216		261	265	172	176	239	243	273		239	255
26	Альбатрос	190		238	248	232	240	117	125	171		212	216	261		166	188	239		273	277	239	255

Продолжение таблицы 16

27	Русь	182	186	266	272	234	248	113		163		222		259	265	162	190	227	239	269	279	255	
28	Дар Кубани	186	190	238	248	232	240	113	117	171		216		261	265	166	172	239	245	273		239	255
29	Командор	186	190	248	250	248		109	113	163	171	222		265	267	170	192	227	239	269	279	255	239
30	Гарант	186	190	238		240	248	117	125	171		212	216	261	265	176	190	239	243	273		239	255
31	Водник	182	186	266	278	240	248	113		171	177	218	222	265		142	160	227	239	273	279	231	255
32	Находка	186	190	248		248		113	125	161	163	216	222	265		162	172	235		273		255	239
33	Щедрый	182	188	238	248	240		113	117	171		212	216	265	279	166	190	243	245	273		231	239
34	Венгерский-5	186	190	248		232	240	113	117	161	163	212	216	261		170	190	239	243	273	277	239	255
35	Крепыш	182	186	238	248	240		117	125	161	163	216		261	279	172	176	239		273	279	255	231
36	Бурлюк	178	190	238	248	244	248	125		161	179	212	216	265	267	166	188	227		267	277	241	255
37	Скабери	174	178	236	264	240	248	113	125	161	181	216		265	267	158	166	227		267		249	
38	Крымский скороплодный	178	186	238		232	240	113	125	163	177	216	222	267	277	178		227	243	267		239	255
39	Поздноцветущий	186	188	238	264	234	244	105	113	161		222		267	273	156	172	241	243	273		247	255
40	Булганак	178	186	262	264	240		113	117	161	179	214	216	265	273	158	170	227	243	267	273	249	255
41	Конкурсный	178	188	238	248	244		125		161	179	216	222	265	275	166	172	239	245	267	273	239	243
42	Памяти Пасенкова	178		238	248	244	246	117	125	181		216	222	261	277	168	172	239	241	267	277	239	255
43	Малосадовый	186		238	264	240		113	125	179		214	222	265		170		227	239	267		247	255
44	Подарок Валентины	178	190	238	248	232	240	113	123	163	179	214	222	273	277	170	186	239	245	273		239	255
45	Бельбекский ранний	186		238	264	232	240	125		179		214	216	265	267	170	188	243	227	267		249	255
46	Альминский	186	190	242		244		113	117	177	181	216	222	265	267	178		239		267		247	
47	Карлик-3	174	186	242	254	248	250	113		161	177	222		265	267	160	190	227		269	279	231	239
48	Карлик-5	186	188	238	240	240		125	135	161	181	216		267	277	174	188	227		273	279	249	
49	Кодрене	186		238		232	248	121	127	179		222		267		168	176	227	239	261	277	239	249
50	Лунгуице	174	178	248	264	232	248	113	117		181	216		253	277	166	190		239	273		239	255
51	Костюженский	184	188	238	240	240	248	113		161	163	216		265		166	170	227	245	273		255	
52	Песчанский	186	188	234	238	248		113	125	163	179	222		253	273	166	172	245		273	277	239	255
53	Форма 8м	178	186	238	240	232	240	125			181	216	222	273	277	170	176	239	243	273	277	239	249

Продолжение таблицы 16

<b>54</b>	<b>Кожевуский</b>	174	178	238	240	232	248	125		161		222		267	273	166	174	239	241	273		255	
<b>55</b>	<b>Казаку</b>	188		248		248		125		163		216	222	267		166	178	245		267	277	241	255
<b>56</b>	<b>Фалештский</b>	188		238	248	232	248	109	127	163	179	216	222	267		174	178	227	245	267	277	241	247
<b>57</b>	<b>Данилевский</b>	178	188	234	236	232	240	113	125	163	177	222		267	273	174		239	245	277		239	255
<b>58</b>	<b>Плин</b>	178	188	240	264	240	248	113	125	161	163	216	222	265	277	166	174	239	245	277		255	
<b>59</b>	<b>Трифонов латерал</b>	184	190	236	238	240	248	113	125	177		216	222	267	277	172	174	243		277	279	255	
<b>60</b>	<b>Вина</b>	188	190	238		244		113		177	181	216		267		188		239	243	273	277	247	255
<b>61</b>	<b>Жубьерка</b>	178	190	238	248	244	248	113	125	177	181	216		277		168		227	245	273		239	241
<b>62</b>	<b>Чандлер</b>	190		238		232	244	113		161		216		273	277	188		243	245	273	277	247	255

Каждая из проанализированных 62 сортоформ имеет свой уникальный набор аллелей (SSR-фингерпринт), что позволяет ее точно идентифицировать (т.е. проведена их ДНК-паспортизация).

Частоты встречаемости идентифицированных аллелей SSR-маркеров в изученной выборке генотипов графически отображены на гистограммах рисунка 26.

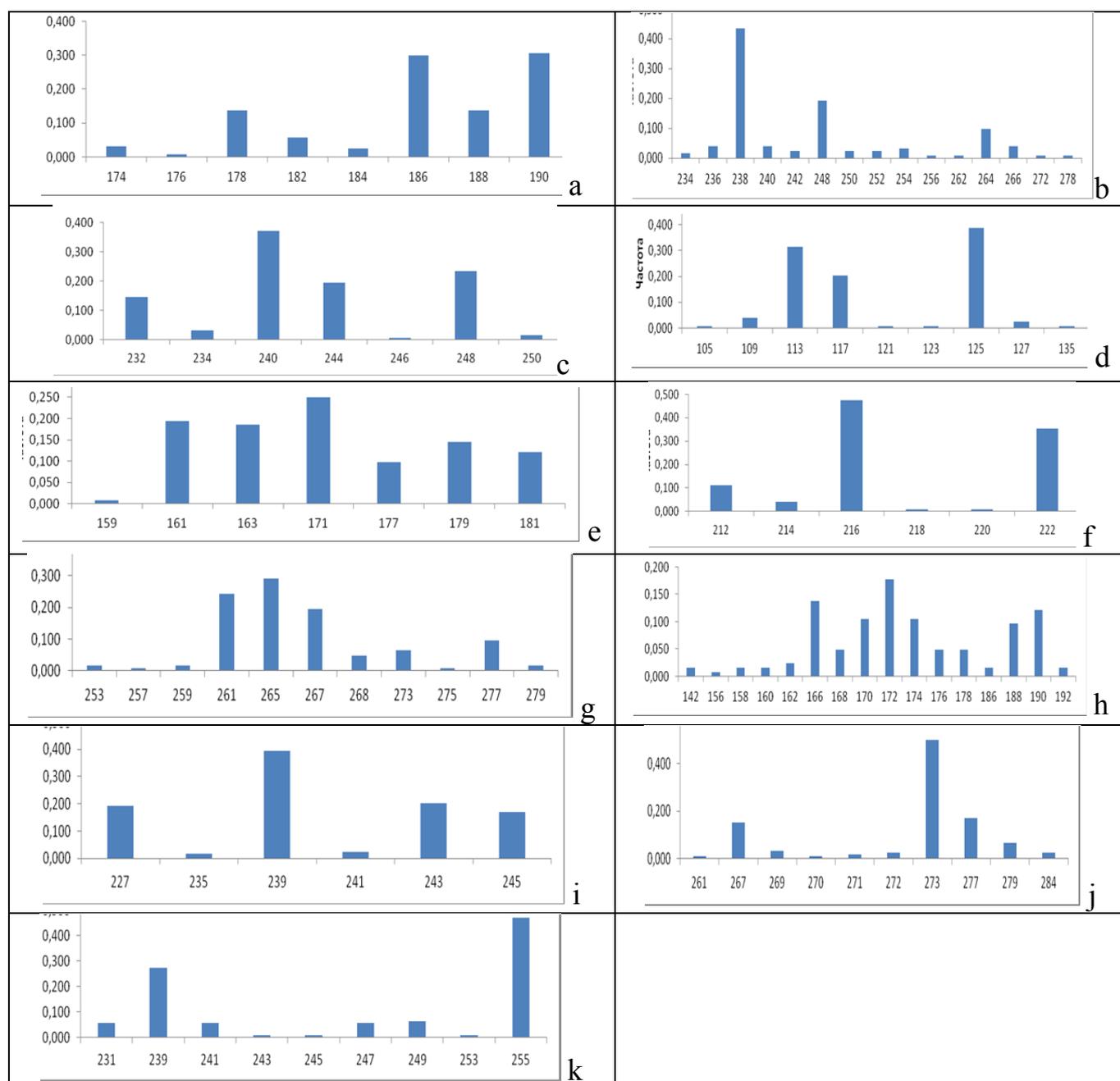


Рисунок 26 Частоты встречаемости аллелей в микросателлитных локусах ореха грецкого.

Примечание: а – WGA001, b – WGA005, c – WGA009, d – WGA054, e – WGA069, f – WGA089, g – WGA202, h – WGA276, i – WGA321, j – WGA349, k – WGA376.

Как видно из рисунка 26, проанализированные локусы показали различный уровень полиморфизма. Необходимо отметить, что у большинства использованных SSR-маркеров отсутствует какой-либо один аллель, частота встречаемости которого существенно выше остальных. Чаще имеется несколько аллелей с высокой частотой встречаемости в сочетании с несколькими менее распространенными аллелями, в том числе и уникальными (выявленными у одного образца). Такое распределение частот аллелей свидетельствует о гетерогенности изученной выборки сортов [96, 99, 156]. Общее число выявленных аллелей на локус варьировало от 6 до 16, со средним значением 9,45, что является достаточно высоким показателем, учитывая число образцов в выборке (Таблица 17). Так, в работе Roog et al. 2017 данный показатель был существенно ниже - 4,11, а в статье Ruiz-Garcia et al. 2011 – 5 [134, 136]. В более масштабных выборках данный показатель составил 14,21 (Pollegioni et al. 2017) и 12,36 (Aradhya et al. 2017). Число эффективных аллелей ( $N_e$ ) на локус варьировало от 2,73 до 9,50, со средним значением 4,46, что ниже показателей  $N_a$  для всех проанализированных локусов [47, 127]. Такая картина характерна для ореха грецкого и свидетельствует о присутствии редких аллелей в выборке. Наблюдаемая гетерозиготность ( $H_o$ ) была от 0,44 до 0,86 со средним значением 0,67 и была ниже ожидаемой ( $H_e$ ) для всех локусов, за исключением WGA376. Индекс Шеннона для всех локусов был достаточно высоким и варьировал от 1,18 до 2,44, в среднем составив 1,66. Как видно из таблицы 17, наиболее высокий уровень полиморфизма проявили маркеры WGA276, WGA005.

Таблица 17. Полиморфизм изученных микросателлитных локусов

Локус	Диапазон размеров ПЦР продуктов (п.о.)	Na	Ne	I	Ho	He
WGA001	174-190	8	4,436	1,670	0,742	0,775
WGA005	234-278	15	4,087	1,897	0,742	0,755
WGA009	232-250	7	3,965	1,522	0,677	0,748
WGA054	105-135	9	3,426	1,429	0,661	0,708
WGA069	159-181	7	5,571	1,777	0,597	0,820
WGA089	212-222	6	2,726	1,175	0,597	0,633
WGA202	253-279	11	5,075	1,847	0,645	0,803
WGA276	142-192	16	9,503	2,435	0,855	0,895
WGA321	227-245	6	3,791	1,465	0,645	0,736
WGA349	261-283	10	3,237	1,547	0,435	0,691
WGA376	231-255	9	3,248	1,490	0,742	0,692

В соответствии с количеством выявленных аллелей, использованные в работе SSR-маркеры можно условно разделить на три группы: наиболее полиморфные – WGA005, WGA276; маркеры со средним уровнем полиморфизма – WGA054, WGA202, WGA349, WGA376; маркеры с наименьшим количеством аллелей – WGA001, WGA009, WGA069, WGA089, WGA321. Как видно из таблицы 17, некоторые из маркеров, отнесенных в группу с наименьшим количеством выявленных аллелей, в тоже время обладают высоким значением показателя Ne (количество эффективных аллелей). Это в первую очередь SSR-маркер WGA069, а также маркер WGA001. Это обусловлено более равномерным распределением выявленных аллелей. Особенно наглядно это видно для маркера WGA069, который по показателю Ne уступает лишь одному маркеру – WGA276. На рисунке 24 (частоты встречаемости аллелей) видно, что идентифицированные аллели достаточно равномерно распределены в изученной выборке. Рассмотрение суммарного аллельного профиля по маркерам WGA005, WGA276 (наибольшее число выявленных аллелей); WGA202 (высокое число выявленных аллелей + высокое значение показателя «Ne»); WGA069 и WGA001 (высокое значение показателя «Ne») выявило, что каждая сортоформа имеет уникальный ДНК-

фингерпринт. В связи с этим, данные маркеры могут быть рекомендованы как наиболее приоритетные для решения вопросов о сортовой принадлежности образцов посадочного материала внутри изученной группы сортов.

### 3.2.2 Анализ генетического родства изученных генотипов ореха грецкого по методу главных координат (РСоА)

Полученные результаты позволили построить диаграмму по методу РСоА (Principal coordinate analysis), отражающую степень генетического родства изученных по микросателлитным локусам генотипов ореха грецкого (рисунок 27). Как видно на графике РСоА, большая часть образцов кубанской генплазмы сгруппирована справа от центра. Образцы из республики Молдова большей частью находятся несколько выше центра с уклоном в левую часть. Достаточно неоднородно выглядит группа генотипов из Крыма, большая часть образцов, однако близка образцам из Молдовы. Сорта, имеющие в своем происхождении Среднеазиатские генотипы (4 из 6), а именно первое поколение гибридов, сгруппированы в нижнем левом углу, второе поколение гибридов от среднеазиатских сортов (Дачный и Конкистадор), находятся среди образцов кубанской генплазмы. К первому поколению гибридов от Среднеазиатской генплазмы приближается сорт Тхакушиновский, имеющий ряд фенотипических признаков, характерных для среднеазиатских сортов [108]. Липин, образец, полученный из Китая, находится слева от центра, наиболее близок к нему на графике генотип из Молдовы, полученный в 1960-х ходе обследований природных популяций Молдовы - Кодрене.

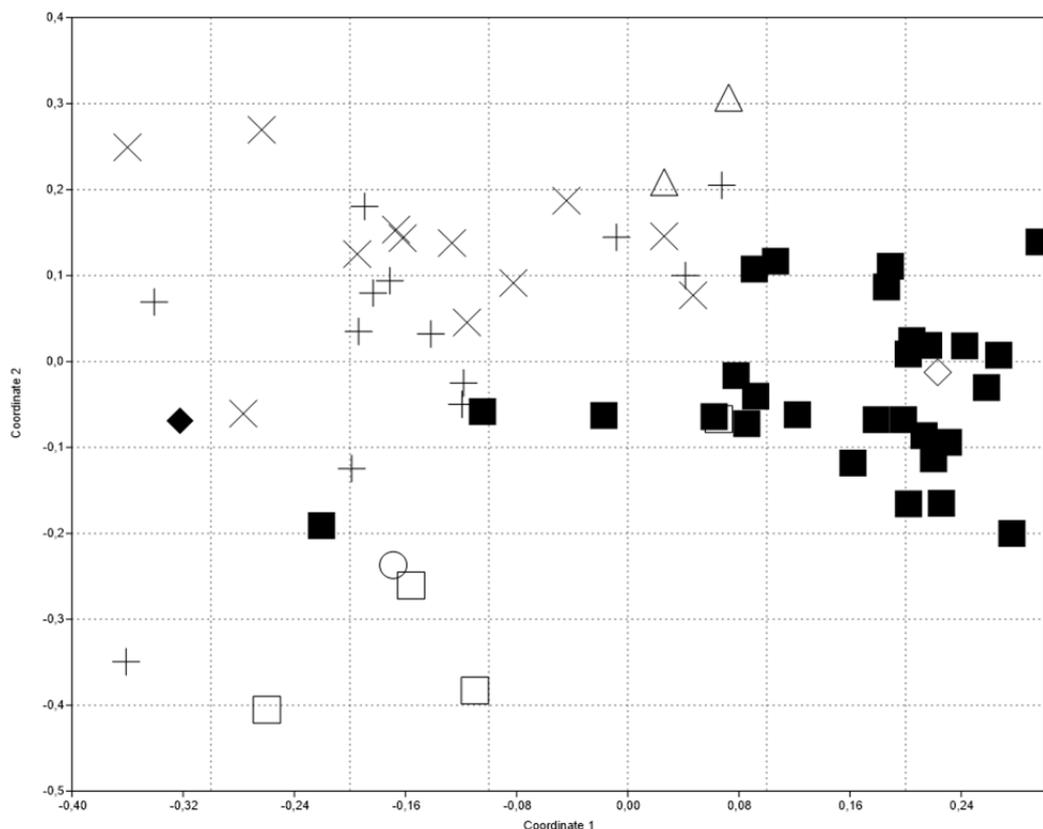


Рисунок 27 Распределение изученных генотипов ореха грецкого в пространстве главных координат по результатам SSR-анализа.

Примечание: ■ - отборы местной популяции Краснодарского края из коллекции СКФНЦСВВ; + - образцы коллекции НБС; □ - формы полученные от гибридизации местной и среднеазиатской генплазмы; × - образцы полученные из Республики Молдова, ◆ - Липин; ○ - Тхакушиновский; △ - Чандлер, Вина; ◇ - Венгерский-5.

Сорта Калифорнийской селекции – Чандлер и Вина, находятся в верхней части графика, в некотором удалении от Молдавской и Крымской генплазмы. Если не принимать во внимание образцы Молдавской и Крымской генплазмы, отошедшие от основных групп, то можно считать их довольно близкими по происхождению. Кубанская генплазма оказалась отдалена, как от Молдавской, так и от Крымской генплазмы. Образцы Калифорнийской селекции находятся

ближе к Молдавским и Крымским образцам, однако несколько смещены в сторону Кубанской генплазмы.

Таким образом, полученные результаты анализа отражают эколого-географическое происхождение проанализированных образцов и свидетельствуют об общности происхождения молдавской и крымской генплазмы, а также об отличиях между среднеазиатской, северо-кавказской и восточно-европейской генплазмой.

### **3.2.3** Филогенетический анализ изученных генотипов ореха грецкого с использованием Байесовского подхода

Для выявления генетических взаимосвязей изученных образцов ореха грецкого был использован также и Байесовский метод. Большим плюсом его является то, что он отражает не столько принадлежность конкретного генотипа к какому-то определенному кластеру, но вероятность попадания, как в него, так и в другие кластеры. Подобная специфика позволяет предположить, что каждый предполагаемый кластер представляет собой предковую популяцию и отследить вклад той или иной популяции в каждый конкретный генотип. Число возможных предковых популяций ( $K$ ) оценивалось при помощи метода Evanno и наиболее подходящим оказалось значение  $K$ , равное трем.

Исходя из полученных результатов, удалось выявить, что кубанские сорта занимают обособленное положение и в основном образованы ГПП 1 (Гипотетическая панмиктическая популяция 1), процент вклада ГПП 1 у кубанских сортов, полученных путем отбора в местных популяциях варьировал от 100% до 50%, в большинстве случаев не менее 80%. У остальных сортов, использованных в работе, вклад ГПП 1 незначителен. Следует отметить, что в данном случае к выборке кубанских сортов отнесены формы, полученные при отборе местных популяций, сорта из кубанской коллекции, имеющие в первом и

втором поколениях родительские формы из Средней Азии, рассмотрены отдельно (рисунок 28).

Местн. поп.	Теркин		Местн. поп.	Овен	
Местн. поп.	Гарант		Ср. Азия F1	Водник	
Местн. поп.	Тимур		Ср. Азия F1	Русь	
Местн. поп.	Новинка		Китай	Липин	
Местн. поп.	Альбатрос		Крым	Карлик-3	
Местн. поп.	Дар Кубани		Крым	Поздноцветущий	
Местн. поп.	Любимый Петросяна		Молдова	Кодрене	
Местн. поп.	Надежда		Крым	Конкурсный	
Местн. поп.	Пелан		Крым	Подарок Валентины	
Местн. поп.	Конкистадор		Крым	Булганак	
Украина	Венгерский-5		Крым	Памяти Пасенкова	
Местн. поп.	Заря Востока		Молдова	Песчанский	
Местн. поп.	Сатурн		Молдова	Трифанов латерал	
Местн. поп.	Крепыш		Крым	Малосадовый	
Местн. поп.	Щедрый		Молдова	Лунгуеце	
Местн. поп.	Аврора-2		Крым	Альминский	
Местн. поп.	Урожайный		Молдова	Кожевуский	
Местн. поп.	Сокол		Крым	Бельбекский ранний	
Местн. поп.	Десертный		Молдова	Костюженский	
Местн. поп.	Труженик		Молдова	Жубьерка	
Местн. поп.	Селекционер		Молдова	Скабери	
Местн. поп.	Стимул		Крым	Карлик-5	
Местн. поп.	Изящный		Молдова	Данилевский	
Местн. поп.	Земляк		Молдова	Форма 8м	
Местн. поп.	Масленичный		Молдова	Плин	
Местн. поп.	Славянин		США	Чандлер	
Местн. поп.	Находка		Молдова	Бурлюк	
Ср. Азия F2	Дачный		США	Вина	
Местн. поп.	Родина		Молдова	Фалешский	
Ср. Азия F1	Тхакушиновский		Крым	Крымский скороплодный	
Ср. Азия F1	Командор		Молдова	Казаку	

Рисунок 28. Диаграмма отражающая вклад гипотетических панмиктических популяций (ГПП) в проанализированные генотипы ореха грецкого из коллекций НБС, Молдовы и СКФНЦСВВ. ГПП 1, ГПП 2 и ГПП 3 обозначены красным, синим и зеленым соответственно.

Несмотря на генетическую обособленность, автохтонные кубанские сорта по ряду фенотипических признаков можно отнести к европейским сортотипам ореха грецкого. Исключение составил сорт Тхакушиновский полученный от

сеянца неизвестного происхождения. Данный сорт обладает выраженными признаками сортов среднеазиатского происхождения: гроздевое плодоношение, вторичное цветение, округлая форма плода, сменно-габитусная структура кроны [108]. Байесовский анализ так же демонстрирует преобладание у данного сорта ГПП 3, характерной для среднеазиатской генплазмы.

Крымские и молдавские сорта не дифференцированы на две группы и сформированы ГПП 2 и ГПП 3 с превалированием ГПП 2, за исключением трех сортов, у которых преобладает вклад ГПП 3. Несмотря на то, что ГПП 3 представлена в той или иной степени во многих образцах, наибольший её вклад установлен у китайского сорта Липин и кубанских сортов имеющих среднеазиатские формы в первом и втором поколении.

Сорта Калифорнийской селекции Вина и Чандлер, имеющие европейское происхождение, представлены ГПП 2, это сближает их с молдавскими и крымскими сортами и позволяет заключить, что ГПП 2 представляет собой общеевропейский генофонд. В свою очередь, сорт Липин и сеянцы среднеазиатских форм можно отнести ко второму, азиатскому, источнику происхождения ореха грецкого.

Логично предположить, что кубанская генплазма ореха грецкого, расположенная на периферии Европы и Азии, могла быть сформирована интродукцией из этих регионов. В данной работе были задействованы генотипы из гипотетического европейского источника происхождения ореха грецкого на Кубани - крымские и молдавские сорта, представляющие ближайшие области взаимодействия общей европейской генплазмы с Кубанью. Однако данные admixture свидетельствуют об обособленном положении кубанских сортов представленных ГПП 1 и отличающихся на генетическом уровне от европейских форм. В свою очередь восточно-азиатский сорт Липин и кубанские сорта имеющие среднеазиатские корни так же генетически далеки от автохтонных сортов Кубани. Учитывая обособленность большинства кубанских сортов,

имеющих автохтонное происхождение, можно выдвинуть предположение о наличии источника не представленного в данной работе, повлиявшего на формирование кубанского генофонда ореха грецкого. Данный источник, скорее всего, привнесен из другого региона, имеющего более древнюю историю возделывания культуры ореха грецкого. Одним из таких вероятных регионов, откуда была привнесена культура, может являться Закавказье или Малая Азия [115].

В исследовании проведенном М. Aradhya et al. 2017 наряду со среднеазиатскими, китайскими, восточноевропейскими и пакистанскими генофондами был проанализирован Закавказский генофонд ореха грецкого, при этом закавказский генофонд был генетически близок пакистанскому [47]. В свою очередь, в работе Р. Pollegioni et al. 2017 закавказский генофонд ореха грецкого демонстрирует родство не только с пакистанской генплазмой, но и с малоазитской [127]. Такое генетическое родство географически отдаленных популяций ореха грецкого можно объяснить единством южно- и западноазиатского генофонда. Это подтверждается работой Roog et al. 2017, в которой задействованы помимо прочих, генотипы из Пакистана, Индии и Ирана [134].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать предположение, что наиболее вероятным источником автохтонной кубанской генплазмы является переднеазиатский генофонд. В свою очередь сорта Молдовы и Крыма представляют Восточно-европейский генофонд с влиянием среднеазиатской генплазмы, об этом влиянии свидетельствуют результаты, как байесовского анализа, так и метода главных координат [91].

Среди изученных коллекций присутствие Среднеазиатской генплазмы, скорее объясняется культурным обменом, начавшимся в двадцатом веке.

Большее влияние среднеазиатского генофонда на сорта Молдовы и Крыма, чем на автохтонные кубанские сорта, гипотетически связано с ролью шелкового

пути в распространении ореха грецкого. При этом магистральные торговые потоки шелкового пути шли через территорию современного Ирана минуя Транскавказский регион, что способствовало формированию на Кавказе местного генофонда ореха. Тем не менее, в современных условиях данная обособленность кавказской генплазмы сглаживается активной интродукцией среднеазиатских форм, о чем в частности свидетельствует коллекция гибридов среднеазиатских форм с автохтонными сортами Кубани.

На основе проведенного анализа, можно заключить, что вероятно кубанская популяция ореха грецкого имеет источник происхождения отличный от Молдовы и Крыма, а также средней Азии. Такой источник следует искать в первую очередь в Юго-Западной Азии. Возможным мостом между Кубанью и странами Юго-Западной Азии были территории Западного Кавказа. На данных территориях рекомендуется провести отбор генотипов для уточнения генетических взаимосвязей и выяснения путей распространения вида *J.regia* на Юге России.

Интересен тот факт, что предполагаемые популяции ореха грецкого послужившие источником разнообразия на Кубани расположены южнее, на территориях с более мягким климатом. Из этого можно заключить, что при формировании генплазмы Кубани имел место эффект «бутылочное горлышко», действие которого могло привести к снижению уровня генетического разнообразия, по причине элиминации из популяции части генотипов не устойчивых к воздействию низких температур.

Учитывая вышеперечисленное, можно сделать вывод, что наиболее перспективным является пополнение селекционного генофонда ореха грецкого на Юге России образцами в первую очередь из Восточной Европы. Это позволит как повысить общий уровень генетического разнообразия генофонда, так и позволит улучшить его устойчивость к неблагоприятным климатическим факторам, в особенности к низким зимним температурам.

### 3.3 Подбор наиболее перспективных пар скрещивания.

Определяющим моментом в результативности генетико-селекционных исследований является наличие гетерогенного исходного материала ореха грецкого и степени его изученности, включая сорта и ценные генотипы с уникальными признаками разного генотипического происхождения из различных эколого-географических зон. Сохранение, пополнение и всестороннее изучение генофонда ореха грецкого позволяет решать следующие задачи:

- выделить сорта по комплексу хозяйственно-ценных и адаптивно-значимых признаков для непосредственного выращивания в условиях производства;
- выделить формы ореха грецкого с высоким уровнем проявления отдельных признаков для использования в селекции в качестве источников и доноров;
- создать новые высокопродуктивные сорта с максимальной экологической приспособленностью к условиям выращивания, комплексной устойчивостью к наиболее опасным болезням, высокими товарными и потребительскими качествами плодов в сочетании со скороплодностью и сдержанным ростом дерева.

Отсюда очевидна необходимость разработки и реализации действенных мер по мобилизации генетического разнообразия местных популяций ореха грецкого. Среди них встречаются формы, отличающиеся комплексом хозяйственно-ценных признаков, пригодных для производства, а также особи с наивысшими показателями по одному–двум признакам, ценным для синтетической селекции. Они должны быть собраны в коллекции, сохранены и вовлечены в селекционный процесс. Проведение этих работ важно еще и в связи с тем, что в результате продолжительной и целенаправленной селекции многие ценные в биологическом отношении признаки у культурных форм ореховых растений оказались

утраченными, и для их восстановления все чаще необходимо обращаться к тем генотипам, у которых они сохранились, то есть именно к ныне находящимся в опасности дикорастущим сородичам культурных растений или к стародавним местным сортам – популяциям.

Все эти факторы вызвали необходимость формирования регионального генофонда ореха грецкого, проведения экспериментальных работ по его мобилизации, сохранению и изучению в агроклиматических условиях зоны Северного Кавказа.

Гибридизация – основной метод в селекции, позволяющий насыщать гибриды необходимыми признаками и свойствами. Специфика селекции плодовых культур заключается в том, что в виду вегетативного размножения и длительного этапа оценки гибридного материала большинство известных сортов, обладающих теми или иными ценными признаками, наследуют их в виде гетерозигот. Таким образом, в селекции большую роль играет число полученных в результате скрещивания гибридов и гетерогенность потомства. Большое количество гибридов позволяет выбрать наиболее удачное сочетание ценных признаков. Однако это приводит к большим затратам временных и материальных ресурсов. В этих условиях чрезвычайно важным является грамотный подбор родительских пар для скрещивания.

Е. Germain (1997), описывая селекционную программу по ореху грецкому во Франции предлагает использовать в качестве одной из родительских форм автохтонные стародавние сорта, как наиболее приспособленные к местным климатическим и почвенным условиям. Базовым этапом селекционной программы он считает отбор в местной популяции наиболее перспективных фенотипов для пополнения коллекции, с последующим сортоизучением и внедрением в селекционный процесс [84]. Для Франции наиболее удачными для селекционной программы автохтонными сортами посчитали Франкет и Майет. Обладая весьма небольшими по современным меркам показателями

продуктивности и качества плодов, данные сорта хорошо приспособлены к Французскому климату. Они характеризуются поздним началом вегетации, что позволяет им уходить от частых для Франции возвратных заморозков.

Учитывая высокий уровень разнообразия генофонда ореха грецкого, перспективным может быть поиск форм, приспособленных к условиям Краснодарского края не только внутри региона, но и за его пределами. Согласно полученным в ходе анализа SSR-локусов результатам орех грецкий был интродуцирован на Кубань из Закавказья или Юго-Западной Азии. Такая интродукция стала возможна путем отбора наиболее устойчивых к низким температурам генотипов, что привело к значительному снижению генетического разнообразия. Таким образом, очевидно, что интродукция новой генплазмы, к примеру, наиболее устойчивых к холодам сортов орехов из Восточной Европы (плодоносят после критических морозов до  $-37\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), позволит не только обогатить генетическое разнообразие, но и повысить устойчивость новых сортов к неблагоприятным климатическим условиям.

Помимо наличия полезных свойств очень важной характеристикой генресурсов является их гетерогенность. В истории селекции ореха грецкого, одним из наиболее показательных примеров необходимости наличия высокого генетического разнообразия является история создания калифорнийского сорта Рауне. Этот сорт был получен путем отбора среди семян из Чили. Он характеризуется высоким процентом закладки плодов в латеральном положении, что обуславливает его высокую продуктивность. До появления данного сорта, калифорнийская селекция не располагала генресурсами ореха грецкого с выраженным латеральным плодоношением. Сорт Рауне стал активно включаться в селекционную работу в качестве донора латерального плодоношения, в том числе с применением возвратных скрещиваний. Однако гибриды, полученные от таких скрещиваний, часто оказывались слабыми и нежизнеспособными. Такой эффект связан с тем, что в Чили, откуда происходит Рауне, орех грецкий был

завезен конкистадорами из Испании и представлял крайне узкий генетический пул, что привело к накоплению негативных эффектов инбридинга.

Проведенная нами работа по изучению генетического разнообразия коллекций ореха грецкого выявила наиболее генетически удаленные генотипы. Совокупное использование фенотипических показателей и данных генотипирования позволило подобрать оптимальные комбинации для скрещивания, которые обеспечат наиболее полное использование генетических ресурсов.

Эффективное управление генплазмой, предусматривающее анализ имеющихся коллекций, как с позиций наличия ценных для селекции признаков, так и общего генетического разнообразия необходимо для интенсификации селекционного процесса плодовых культур. На основе проведенного сортоизучения, необходимо составить наиболее перспективные пары для гибридизации. При формировании родительских пар следует учитывать, как имеющиеся ценные для селекции признаки, так и характер их наследования, а также генетическую дистанцию между формами, вовлеченными в гибридизацию.

В таблице 18 приведена матрица, отражающая сходство генотипов в результате генотипирования по 11 SSR локусам. Как видно из таблицы, коэффициент сходства (КС) варьировал от 0,11 (Русь x Альбатрос) до 0,84 (Альбатрос x Конкистадор). Наиболее генетически удаленной от прочих сортоформ по результатам анализа является Русь (средний КС – 0,34), также низкими коэффициентами сходства обладали Водник и Командор (КС – 0,42 и 0,43 соответственно).

Таблица 18 Матрица генетического сходства сортоформ ореха грецкого, по методу UPGMA (Dice)

№	Сорт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Новинка	1																			
2	Славянин	0,36	1																		
3	Стимул	0,69	0,32	1																	
4	Сатурн	0,61	0,47	0,65	1																
5	Сокол	0,44	0,43	0,44	0,54	1															
6	Земляк	0,50	0,43	0,67	0,65	0,33	1														
7	Тимур	0,67	0,34	0,53	0,63	0,47	0,47	1													
8	Труженик	0,44	0,59	0,28	0,43	0,61	0,28	0,47	1												
9	Конкистадор	0,65	0,41	0,47	0,62	0,63	0,42	0,72	0,53	1											
10	Аврора	0,65	0,41	0,47	0,56	0,63	0,37	0,56	0,42	0,75	1										
11	Теркин	0,65	0,51	0,63	0,72	0,58	0,53	0,56	0,58	0,65	0,65	1									
12	Альбатрос	0,69	0,38	0,50	0,65	0,50	0,44	0,76	0,61	0,84	0,63	0,63	1								
13	Русь	0,31	0,27	0,33	0,27	0,33	0,22	0,24	0,22	0,16	0,26	0,37	0,11	1							
14	Дар Кубани	0,67	0,47	0,49	0,63	0,70	0,43	0,63	0,65	0,82	0,72	0,82	0,76	0,27	1						
15	Командор	0,29	0,41	0,37	0,41	0,42	0,26	0,44	0,32	0,35	0,35	0,55	0,32	0,58	0,46	1					
16	Гарант	0,73	0,42	0,70	0,68	0,54	0,59	0,69	0,43	0,72	0,77	0,82	0,70	0,32	0,68	0,41	1				
17	Водник	0,35	0,46	0,37	0,36	0,37	0,37	0,39	0,37	0,30	0,40	0,45	0,26	0,58	0,41	0,50	0,41	1			
18	Находка	0,39	0,33	0,46	0,56	0,69	0,40	0,42	0,51	0,43	0,38	0,65	0,40	0,46	0,56	0,54	0,50	0,38	1		
19	Щедрый	0,48	0,42	0,43	0,42	0,49	0,38	0,40	0,43	0,62	0,56	0,56	0,54	0,22	0,63	0,26	0,58	0,36	0,33	1	
20	Венгерский-5	0,59	0,51	0,53	0,56	0,63	0,37	0,50	0,63	0,60	0,55	0,70	0,68	0,32	0,67	0,45	0,67	0,30	0,54	0,51	1
21	Крепыш	0,67	0,37	0,54	0,53	0,49	0,43	0,46	0,49	0,51	0,62	0,67	0,54	0,32	0,58	0,31	0,58	0,41	0,50	0,47	0,56

Данный факт объясняется среднеазиатским происхождением вышеперечисленных генотипов. К сожалению, нельзя утверждать, что использование данных форм в качестве родительских приведет к гетерозисному эффекту, так как они уже являются гибридами первого поколения и обладают высокой гетерозиготностью.

В таблице 19 приведены совокупные данные оценки отборных форм ореха грецкого по селекционно-ценным признакам. Из таблицы видно, что сортоформы отличаются по степени проявления ценных признаков. Так, наилучшее сочетание хозяйственно-ценных признаков представлено у сортов: Дар Кубани, Конкистадор, Находка, Теркин.

Таблица 19. Общая характеристика сортоформ ореха грецкого

Сорт, форма	Урожай, т/га.	Индекс «J»	масса ореха, г	выход ядра, %	Вкус, балл	Позднее распуск. листьев	Сила роста	Число положительных признаков
Аврора-2 (контроль)	2,3	3,62	10,8	54,4	4,6	-	Сред.	2
Альбатрос	2,4	3,29	9,5	53,7	4,5	-	Сред.	2
Венгерский-5	2,0	15,42	10,7	52	4,6	-	Сред.	0
Водник	1,0	18,59	13,5	56,6	4,6	-	Сил.	1
Гарант	2,3	7,61	9,5	56	4,6	-	Сред.	1
Земляк	1,5	4,05	11,2	46,7	4,4	-	Сред.	1
Дар Кубани	2,8	1,69	11,2	50,7	4,5	-	<b>Сд. р.</b>	<b>3</b>
Командор	1,1	23,87	10,2	51,7	4,4	-	Сил.	0
Конкистадор	2,8	13,36	11,6	59,6	4,4	-	<b>Слаб</b>	<b>3</b>
Крепыш	1,8	16,53	9,1	59,1	4,5	-	Сред.	1
Находка	1,3	12,31	11,1	60,2	4,7	-	<b>Сд.р.</b>	<b>3</b>
Новинка	2,1	3,49	9,3	53,4	4,3	+	Сред.	2
Русь	1,6	10,83	15,7	53,7	4,4	-	Сил.	1
Сатурн	2,2	0,93	8,7	50,7	4,5	+	Сред.	<b>2</b>
Славянин	1,6	20,53	13,7	52,4	4,5	-	Сред.	1
Сокол	1,6	3,18	11,0	54,2	4,4	-	Сил.	1
Стимул	1,6	32,97	8,5	58,3	4,4	-	Сред.	1
Теркин	2,4	1,28	10,5	54,3	4,6	-	<b>Сд. р.</b>	<b>3</b>
Тимур	1,7	13,41	11,1	51,6	4,3	-	Сред.	0
Труженик	1,8	23,00	11,7	47,4	4,6	-	<b>Сд. р.</b>	1
Щедрый	2,3	10,61	9,8	52	4,5	-	Сред.	1

Среди перечисленных форм, лучшими комбинациями признаков, дополняющих друг – друга обладают Конкистадор х Новинка (КС – 0,65), Конкистадор х Сатурн (КС – 0,62), а также Находка х Аврора (КС – 0,38), Находка х Альбатрос (КС – 0,40), Находка х Дар Кубани (КС – 0,56), Находка х Новинка (КС – 0,39), Находка х Сатурн (КС – 0,56), Находка х Теркин (КС – 0,65).

Исходя из перечисленных выше данных, лучшей стратегией видится выбор сортоформ Конкистадор и Находка в качестве опыляемых, а прочих сортоформ в качестве их опылителей.

К перечисленным комбинациям скрещиваний стоит добавить родительскую пару Конкистадор х Русь, так как подобное сочетание позволит объединить в одном генотипе крупноплодность, слаборослость, высокий выход ядра и высокую урожайность. Такое сочетание признаков будет высоко востребованным.

Кроме того, формы Конкистадор, Новинка и Сатурн, согласно результатам генотипирования обладают схожим происхождением, что может вести к снижению генетического разнообразия при получении гибридов. Форма Русь является более генетически удаленной от сортоформы Конкистадор (КС – 0,16), что дает надежду на положительные эффекты гетерозиса при получении гибридов.

Что касается гибридизации сортоформы Находка, то потенциальные опылители будут иметь большую генетическую дистанцию, что является положительным фактором. Имеющиеся на сегодняшний день площади, занятые под выращивание грецкого ореха, можно существенно расширить, если дополнить сортимент ореха грецкого сортами с высокой устойчивостью к критическим зимним морозам и поздним началом вегетации. Такими свойствами обладают сорта ореха грецкого из Восточной Европы, исходным материалом для которых послужили естественные популяции вблизи Карпатских гор.

А. Ebrahimi et al. (2017) провели сравнительный анализ генетического разнообразия коллекционных образцов калифорнийской, испанской и восточно-

европейской генплазмы [73]. На основании полученных результатов, они заключили, что сорта из этих коллекций делятся на группы, согласно их географическому районированию. Испанская генплазма характеризуется низкой устойчивостью к холодному стрессу, также как и часть северо-американской. В то время как восточноевропейские сорта могут переносить без существенных потерь урожая до  $-37\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Учитывая полигенный характер признака устойчивости к низким температурам, можно предположить, что при гибридизации восточноевропейских сортов ореха грецкого с отечественной генплазмой будут получены генотипы с высокой устойчивостью к критическим морозам и возвратным заморозкам. Восточно-европейская селекция ореха грецкого ориентирована на адаптивность к абиотическим стрессорам, однако в их селекционной генплазме недостаточно высокопродуктивных сортоформ с выраженным латеральным плодоношением. В этой связи предполагается использование в исходных вариантах для гибридизации форм Конкистадор, а также наиболее продуктивной и характеризующейся стабильным плодоношением формы Дар Кубани.

Таким образом, можно считать перспективными парами для скрещивания – Конкистадор X Сатурн (КС – 0,62), Конкистадор X Новинка (КС – 0,65), Конкистадор X Русь (КС – 0,16), а также опыление сортоформы Находка формами Аврора (КС – 0,38), Альбатрос (КС – 0,40), Дар Кубани (КС – 0,56), Новинка (КС – 0,39), Сатурн (КС – 0,56), Теркин (КС – 0,65). Данные родительские формы дополняют друг друга и по совокупным характеристикам являются наиболее удачными вариантами для гибридизации. Перспективным направлением для селекции также является гибридизация отечественной генплазмы и сортов восточноевропейской селекции. В качестве наиболее удачных форм для гибридизации со стороны отечественной генплазмы могут быть рекомендованы формы Дар Кубани и Конкистадор.

### 3.4 Экономическая эффективность использования новых сортоформ ореха грецкого.

На основании проведенной комплексной оценки 20 сортоформ ореха грецкого по признаку урожайности, товарности, силы роста были выделены сортоформы с наилучшими показателями вышеприведенных признаков: Аврора-2 (к) Альбатрос, Гарант, Дар Кубани, Конкистадор, Теркин, Щедрый.

Для данных сортоформ был проведен анализ экономической эффективности выращивания (таблица 20).

Таблица 20 - Экономическая эффективность производства плодов перспективных сортоформ ореха грецкого

Сорт, форма	Урожай, т/га.	Стандартность, %	Выручка от реализации, тыс. руб./га	Прибыль от реализации, тыс. руб./га	Себестоимость, руб./ц	Рентабельность, %
Аврора-2 (к)	2,3	70	128,8	101,5	2728	105,3
Альбатрос	2,4	70	134,4	108,3	2615	114,2
Гарант	2,3	84	154,6	127,3	2728	146,3
Дар Кубани	2,8	90	201,6	179,2	2241	221,3
Конкистадор	2,8	90	201,6	179,2	2241	221,3
Теркин	2,4	86	165,1	139,0	2615	163,1
Щедрый	2,3	84	154,6	127,3	2728	146,3

Согласно полученным результатам, все отобранные формы превышали контрольный сорт Аврора-2 по рентабельности от 9,2 % (Альбатрос) и до 116,0% (Дар Кубани, Конкистадор). Наибольшей экономической эффективностью обладают сортоформы Дар Кубани и Конкистадор – прибыль от реализации продукции с 1 га у них составляет 179,2 тыс. руб./га. Уровень рентабельности для данных форм 221,3 %. Таким образом, существенный рост рентабельности и прибыли от продаж обусловлен высокой урожайностью форм по сравнению с контрольным сортом, низкой периодичностью плодоношения. Включение данных сортоформ в производство орехоплодной продукции позволит повысить экономическую эффективность отрасли.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проанализированы основные фенологические фазы двадцати сортоформ ореха грецкого. Установлено, что одним из факторов риска для формирующегося урожая растений ореха грецкого в Прикубанской зоне плодоводства являются возвратные заморозки. Выделены формы с поздним началом вегетации, устойчивые к возвратным заморозкам – Славянин, Сатурн и Теркин.

2. На основе многолетних данных о сроках цветения, подобраны пары опылителей для изученных форм ореха грецкого.

3. Выявлено, что уровень восприимчивости сортоформ ореха грецкого к бактериозу и марсонииозу – наиболее значимым заболеваниям ореха грецкого варьирует в пределах 0 – 3 балла и 0 – 3 балла соответственно. По комплексной устойчивости к бактериозу и марсонииозу выделена форма ореха грецкого Земляк.

4. Выделены формы с лучшими показателями качества плодов – крупноплодные формы – Русь, Водник, Славянин. В качестве источников по выходу ядра выделены формы Находка (60,2%), Конкистадор (59,6%), Крепыш (59,1%), Стимул (58,3%).

5. По силе роста исследованные формы разделились на три группы. Наиболее сильнорослыми деревьями являются – Русь, Водник, Командор, Сокол. В группу деревьев со сдержанным ростом вошли формы Конкистадор, Дар Кубани, Теркин, Щедрый, Находка. Все прочие генотипы относятся к среднерослым формам.

6. По признаку высокой продуктивности выделены формы ореха грецкого Дар Кубани, Конкистадор, Альбатрос, Аврора-2 (контроль). По признаку устойчивого плодоношения – формы Дар Кубани, Теркин и Сатурн.

7. Используемые в работе SSR-маркеры показали высокий уровень полиморфизма сортоформ ореха грецкого, наиболее эффективными из них были WGA005, WGA202, WGA276.

8. Шестьдесят два изученных по 11 SSR-локусам образца ореха грецкого имели уникальный набор аллелей, таким образом, для каждого сорта получен индивидуальный ДНК-паспорт.

9. Результаты анализа по методу главных координат и байесовского анализа согласуются между собой и свидетельствуют о близости молдавской и крымской генплазмы, а также об удаленности от них кубанской и среднеазиатской.

10. Согласно совокупным результатам генетического анализа, а также сопоставления их с литературными данными, кубанская генплазма ореха грецкого сформирована из различных источников, с преобладанием генотипов из Малой Азии.

11. По комплексу хозяйственно-ценных признаков выделены формы: Дар Кубани, Конкистадор, Находка, Сатурн, Теркин.

12. Наиболее перспективными комбинациями для скрещивания являются: Конкистадор – опыляемый, а Сатурн, Новинка, Русь – опылители, а также опыление сортоформы Находка формами Аврора, Альбатрос, Дар Кубани, Новинка, Сатурн, Теркин.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ

1. Формы с поздним началом вегетации, менее всего подверженные негативным последствиям возвратных заморозков – Славянин, Сатурн и Теркин, рекомендуются для селекции на устойчивость к возвратным заморозкам.
2. Форма ореха грецкого Земляк рекомендуется для селекции на устойчивость к бактериозу и марсонииозу.
3. Для селекции на крупноплодность рекомендуются наиболее крупноплодные формы – Русь, Водник, Славянин.
4. Для селекции на сдержанный рост рекомендуются формы : Конкистадор, Дар Кубани, Теркин, Находка и Щедрый.
5. Для селекции на продуктивность рекомендуются формы Дар Кубани, Конкистадор, Альбатрос, Аврора-2 (контроль).
6. Перспективными интродуцентами являются сортоформы из восточной Европы, как отличающиеся по происхождению и потенциально ценные с точки зрения адаптации к холодным стрессам.
7. Наиболее перспективными комбинациями для скрещивания являются: Конкистадор – опыляемый, а Сатурн, Новинка, Русь – опылители, а также опыление сортоформы Находка формами Аврора, Альбатрос, Дар Кубани, Новинка, Сатурн, Теркин.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. В качестве опылителей для изученных сортоформ следует использовать формы Гарант, Конкистадор, Сокол и Тимур. Для протогиничных форм рекомендуются опылители: Водник, Славянин, Теркин.
2. В качестве продуктивных форм, выделившихся по комплексу признаков, к возделыванию в Прикубанской плодовой зоне рекомендуются сортоформы Дар Кубани и Конкистадор.
3. Наилучшими по качеству плодов среди изученных форм являются сортоформы Русь, Водник, Славянин.
4. Для более уплотненной посадки рекомендуются формы со сдержанным ростом: Конкистадор, Дар Кубани, Теркин, Находка и Щедрый.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Агроклиматический справочник по Краснодарскому краю. Краснодар, 1961. – 467 с.
2. Анточий, О.В. Биохимическая характеристика липидно-белкового комплекса плодов грецкого ореха и лещины и разработка функциональных пищевых продуктов на их основе: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.00 / Анточий Ольга Владимировна – Краснодар, 2004. – 122 с.
3. Балапанов, И.М., Латеральное плодоношение в селекции ореха грецкого. / И.М. Балапанов, А.П. Луговской // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2014. - № 27. – Режим доступа: С. 135-140.
4. Батчелор, А. Д. Культура ореха грецкого в Калифорнии/А.Д. Батчелор //Советские субтропики. – 1937. - № 8. С. 21.
5. Белокурова, Е. В. Расширение ассортимента булочных изделий за счет внесения водного экстракта перегородок грецких орехов / Е.В. Белокурова, М.А. Курова // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений. – 2014. – С. 130-133.
6. Вакулова, А. М. Особенности вегетации грецкого ореха / А. М. Вакулова // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии. – 1956. - № 6. – С. 29.
7. Васин, Е.А. Отбор и оценка перспективных форм ореха грецкого для средней полосы России: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.00 / Васин Евгений Анатольевич – Санкт-Петербург – Пушкин, 2004. – 18 с.
8. Ган, П.А. Научные исследования в орехоплодных лесах и основные направления их развития: матер. совещ. по развитию ореховодства 23-28 сентября 1968 г. – Джалал-Абад: Фрунзе, 1970. – С. 25-30.

9. Драгавцева, И.А. Важнейшие аспекты и методологические основы концепции развития южного садоводства до 2025 года. /И.А. Драгавцева, и др. / Труды СКЗНИИСиВ: Организационно-экономический механизм инновационного процесса и приоритетные проблемы научного обеспечения развития отрасли. Материалы научно-производственной конференции СКЗНИИСиВ. Краснодар, 2003. С. 18-30.
10. Жученко, А.А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы). – Кишинев: Штиница, 1999. – 767 с.
11. Жученко, А.А. Экологическая генетика культурных растений. – Кишинев: Штиница, 1980. – 587 с.
12. Интенсивные технологии возделывания плодовых культур: Монография (научное издание) / Е.А. Егоров, и др. - Краснодар: ТУ КубГТУ, 2004. -394 с.
13. Каиров, А.К. Годовой отчет по орехоплодным культурам. – Нальчик, 1987. – 30 с.
14. Калмыков, С.С. Орехоплодные культуры Узбекистана // Лесное хозяйство. – 1969. – № 2. – С.12–16
15. Караваев, И.Г. Орехоплодные Таджикистана / А.Г. Ширяева, А.А. Ядров // Лесное хозяйство. – 1969. № 2. – С. 12-16.
16. Колов, О.В. Эколого-физиологическое обоснование повышения продуктивности ореха грецкого. Фрунзе: Илим, 1985. 224 с.
17. Команич, И.Г. Биология, культура, селекция грецкого ореха. – Кишинев «Штиинца», 1980. – 144 с.
18. Кузнецов, П.В. Годовой отчет по орехоплодным культурам. – Георгиевск, 1976. – 37 с.

19. Ласарейшвили, Л. Н. Орехоплодные культуры. Орех (*J. nigra*), фундук (*C. avellana*) в Грузинской ССР. – Тбилиси, изд-во Тбилисского ун-та, 1985. – 298 с.
20. Луговской, А.П. Концептуальные подходы к формированию сортовой политики в отрасли садоводства Краснодарского края // Новации и эффективность производственных процессов в плодоводстве: Материалы междунар.науч.-практ.конф. – Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2005. – Т.1. – С.143–160
21. Луговской, А.П. Селекция на повышение адаптивного потенциала ореха грецкого // Основные итоги научных исследований СКЗНИИСиВ за 2004 год: Сборник научных работ; СКЗНИИСиВ Россельхозакадемии. Краснодар, 2005. С. 44-47.
22. Луговской, А.П. Орехоплодные культуры (рекомендации) / А.П. Луговской, А.А. Петросян, Б.Т. Дудниченко. – Краснодар, 1989. – 43 с.
23. Луговской, А.П. Ульяновская Е.В., Артюх С.Н., Алехина Е.М., и др. Концепция сортовой политики в плодоводстве юга России. / А.П. Луговской, Е.В. Ульяновская, С.Н. Артюх, Е.М. Алехина, и др. // Садоводство и виноградарство. 2006. № 4. С. 21-24.
24. Луговской, А.П. Методы оценки селекционного материала ореха грецкого / А.П. Луговской, Ю.И. Сухоруких, С.Г. Биганова // Методическое и аналитическое обеспечение исследований по садоводству. – Краснодар, 2010– С. 76-96
25. Луговской, А.П. Орех грецкий / А.П. Луговской, Ю.И. Сухоруких // Современные методологические аспекты организации селекционного процесса в садоводстве и виноградарстве.– Краснодар, 2012– С. 378-398

26. Методики опытного дела и методические рекомендации Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства. – Краснодар, 2002.– 78 с.
27. Недев, Н. Орехоплодные культуры / Н. Недев, В. Василев, Л. Кавардженков, К. Здравков // Пловдив, Изд-во Христа Г. Данов, 1976. – 308 с.
28. Олисаев, В.А. Определение степени повреждения морозами ореха грецкого // Лесное хозяйство. – 1976. – № 12. – С.22–23.
29. Петросян, А. А. Зимостойкость растений грецкого ореха в зависимости от районов происхождения семенного материала // Сельскохозяйственная биология. – 1966. - № 2. – С. 11-17.
30. Петросян, А.А. Перспективные сорта грецкого ореха на Северном Кавказе. – М. Колос, 1969. – 7 с.
31. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова. – Орел: ВНИИСПК, 1995. – 502 с.
32. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Г.А. Лобанова. – Мичуринск, 1973. – 492 с.
33. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 608 с.
34. 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.
35. Ревин, А.А. Отбор местных форм грецкого ореха в Крыму // Садоводство. – 1976. - № 12. – с. 23-24.

36. Рихтер, А.А. Грецкий орех / А.А. Рихтер, А.А. Ядров. // – М.: Агропромиздат, 1985. – 215 с.
37. Стрела, Т. Е. Орех грецкий. – Киев: Наукова Думка, 1991. – С. 89-103.
38. Сухоруких, Ю.И. Программа и методика селекции ореха грецкого / Ю.И. Сухоруких, А.П. Луговской, С.Г. Биганова // – Майкоп, ООО «Качество», 2007. – 57 с.
39. Ульяновская, Е.В. Создание иммунных к паще генотипов яблони с комплексом ценных агробиологических признаков. / Е.В. Ульяновская, И.И. Супрун, Е.Н. Седов, и др. / Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2011. - №10. - С. 14-30.
40. Цуркан, И.П. Грецкий орех. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1979. – 156 с.
41. Шевченко, В. С. Формовое разнообразие и селекция ореха грецкого в Южной Киргизии. – Фрунзе: Изд-во «Илим», 1976. – С. 15-19.
42. Штомпель Ю.А., Котляров Н.С., Трубилин И.Т. Деградация почв и почвоводооохранное земледелие / Ю.А. Штомпель, Н.С. Котляров, И.Т. Трубилин. // Учебник. – Краснодар, 2001. – 528 С.
43. Щепотьев, Ф.Л. Орехоплодные лесные культуры / Ф.Л. Щепотьев, А.А. Рихтер, Ф.А. Павленко и др. // Лесная промышленность. – 1978. -С. 5-93.
44. Сухоруких, Ю.И. Программа и методика селекции ореха грецкого /А.П. Луговской, С.Г. Биганова. // Рос. акад. с.-х. наук. - Майкоп: Качество. - 2007. - 57 с.
45. Amiri, R. Correlations between some horticultural traits in walnut / K. Vahdati, S. Mohsenipoor, M.R. Mozaffari, C. Leslie // Hortscience. – 2010. – Vol. 45 – P. 1690–1694

46. Andreakis, N. Diversità molecolare di biotipi di noce provenienti da semenzali e innesti della cv. Sorrento / N. Andreakis, P. Piccirillo, I. Santangelo, C. Di Vaio, L. M. Sabia // Rivista di frutticoltura e di ortofloricoltura. – 2002. – T. 64, № 1. – С. 71–79.
47. Aradhya, M. Genetic and ecological insights into glacial refugia of walnut (*Juglans regia* L.) / M. Aradhya, D. Velasco, Z. Ibrahimov, B., и др. // PloS one. – 2017. – Vol. 12, N 10. – P. e0185974.
48. Aruleskar, S. Inheritance of phosphoglucomutase and esterase isozymes in Persian walnut / S. Aruleskar, G.H. Mc Granahan, D.E. Parfitt // J. Hered. – 1986. – Vol. N. 77. – P. 220-221.
49. Bai, W. Nuclear and chloroplast DNA phylogeography reveal two refuge areas with asymmetrical gene flow in a temperate walnut tree from East Asia / W. Bai, W. Liao, D. Zhang // New phytologist. – 2010. – Vol. 188, N 3. – P. 892–901.
50. Ballouche, A. Nouvelles données palynologiques sur la végétation holocène du Maroc / A. Ballouche, F. Damblon // Institut français de Pondichéry. – 1988. – Vol. 25. – P. 83–90.
51. Bar-Yosef, O. Dzudzuana: an Upper Palaeolithic cave site in the Caucasus foothills (Georgia) / O. Bar-Yosef, A. Belfer-Cohen, T. Mesheviliani, N. Jakeli, G. Bar-Oz, E. Boaretto, P. Goldberg, E. Kvavadze, Z. Matskevich // Antiquity. – 2011. – Vol. 85, N 328. – P. 331–349.
52. Bayazit, S. AFLP analysis of genetic diversity in low chill requiring walnut (*Juglans regia* L.) genotypes from Hatay, Turkey / S. Bayazit, K. Kazan, S. Gülbitti, V. Cevik, H. Ayanoglu, A. Ergül // Scientia Horticulturae. – 2007. – Vol. 111, N 4. – P. 394–398.
53. Beede, R. H. The history of the walnut in California / R. H. Beede, J. K. Hasey // Walnut Production Manual. – 1997. – Vol. 3373. – P. 8.

54. Beer, R. Vegetation history of the walnut forests in Kyrgyzstan (Central Asia): natural or anthropogenic origin? / R. Beer, F. Kaiser, K. Schmidt, B. и др. // *Quat. Sci. Rev.* – 2008. – Vol. 27. – P. 621-632.
55. Bemmann, A. Characteristics and use of walnut timber // *Biodiversity and Sustainable Use of Kyrgyzstan's Walnut-Fruit Forests*. IUCN, Gland, Switzerland, and Cambridge, UK and Inter Cooperation, Bern, Switzerland. – 1998. – P. 107-109.
56. Berg, L.S. *Natural regions of the USSR* (Translated by Titelbaum O.A.). MacMillan Co, NY, USA. – 1937. – P. 480.
57. Bottema, S. The Holocene history of walnut, sweet-chestnut, manna-ash and plane tree in the Eastern Mediterranean. *Pallas.* – 2000. - Vol. 52. – P. 35-59.
58. Bottema S., On the history of the walnut (*Juglans regia L.*) in shoutheastern Europe. *Acta Bot Neerl.* - 1980. – Vol. 29. – P. 343-349.
59. Bowcock, A.M. High resolution of human evolutionary trees with polymorphic microsatellites. / A.M. Bowcock, A. Ruiz-Linares, J. Tomfohrde, E. Minch, и др. // *Nature.* - 1994. – Vol. 368. – P. 455-457.
60. Breton, C. Somatic embryogenesis micropropagation and plant regeneration of «early mature» walnut trees that flower *in vitro* / D. Cornu, D. Chriqui, A. Sauvonet, P. Capelli, E. Germain, C. Jay-Allemand C. // *Tree physiology.* – 2004 – Vol. 24 – P. 425-435.
61. Browicz, K. *Juglandaceae*. In: *Flora iranica* (Rechinger K.H., ed). Akademische, Druck-u Verlagsanstalt: Austria. - 1976. - Vol. 121. - P. 1-5.
62. Brownstein, M. J. Modulation of non-templated nucleotide addition by Taq DNA polymerase: primer modifications that facilitate genotyping / M. J. Brownstein, J. D. Carpten, J. R. Smith // *Biotechniques.* – 1996. – Vol. 20, N 6. – P. 1004–1010.

63. Callen, D.F. Incidence and origin of " null" alleles in the (AC) n microsatellite markers. / D. F. Callen, A. D. Thompson, Y. Shen, H. A. Phillips, R. I. Richards, J. C. Mulley, G. R. Sutherland // American journal of human genetics. – 1993. – Vol. 52, N 5. – P. 922.
64. Carrión, J. S. Palynological data in support of the survival of walnut (*Juglans regia* L.) in the western Mediterranean area during last glacial times / J. S. Carrión, P. Sánchez-Gómez // Journal of Biogeography. – 1992. – Vol.19. – P. 623–630.
65. Celebioglu, G. Population selection and plantations of walnuts in Turkey. / G. Celebioglu, Y. Ferhatogly, M. Burak. //International Conference of walnuts. Ataturk Cent., Hort., Res., Enst, September 19-23. – 1988. – P. 83-89.
66. Chen, L. Identification of major walnut cultivars grown in China based on nut phenotypes and SSR markers / L. Chen, Q. Ma, Y. Chen, B. Wang, D. Pei // Scientia Horticulturae. – 2014. – Vol. 168. – P. 240–248.
67. Ciarmiello, L.F. A PCR based SNPs marker for specific characterization of English walnut (*Juglans regia* L.) cultivars / L. F. Ciarmiello, P. Piccirillo, G. Pontecorvo, A. De Luca, и др. // Molecular biology reports. – 2011. – Vol. 38, N 2. – P. 1237–1249.
68. Cosmulescu, S.N. Determination of Apomictic Fruit Set Ratio in Several Romanian Walnut (*Juglans regia* L.) Cultivars. / S. N. Cosmulescu, M. Botu, G. Achim. // Notes Botany Horticulture Agrobo. – 2012 – Vol. 40 (1) – P. 229-233.
69. Dangl, G.S. Characterization of 14 microsatellite markers for genetic analysis and cultivar identification of walnut / G. S. Dangl, K. Woeste, M. K. Aradhya, A. Koehmstedt, C. Simon, D. Potter, C. A. Leslie, G. McGranahan // Journal of the American Society for Horticultural Science. – 2005. – Vol. 130, N 3. – P. 348–354.

70. Don, R.H. Touchdown PCR to circumvent spurious priming during gene amplification / Don, R.H. Cox P.T., Wainwrigth B.J., Baker K., Mattick J.S. // Nucleic Acids Research. - 1991.– Vol. 19.– P. 4008.
71. Earl, D. A. STRUCTURE HARVESTER: a website and program for visualizing STRUCTURE output and implementing the Evanno method / D. A. Earl // Conservation genetics resources. – 2012. – Vol. 4, N 2. – P. 359–361.
72. Ebrahimi, A. Genetic diversity of Persian walnut (*Juglans regia L.*) in the cold-temperate zone of the United States and Europe / A. Ebrahimi, A. Zarei, J. R. McKenna, G. Bujdoso, K. E. Woeste // Scientia horticulturae. – 2017. – Vol. 220. – P. 36–41.
73. Edwards, K. A simple and rapid method for the preparation of plant genomic DNA for PCR analysis. / K. Edwards, C. Johnstone, C. Thompson // Nucleic acids research. – 1991. – Vol. 19, N 6. – P. 1349.
74. Evanno, G. Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study / G. Evanno, S. Regnaut, J. Goudet // Molecular ecology. – 2005. – Vol. 14, N 8. – P. 2611–2620..
75. Ferhatogly, Y. The characteristics of walnut cultivars obtained through selection. // Intern. Walnut Meet., Tarragona. Acta Hort. – 1993 - Vol. 311 – P. 34-36
76. Fjellstrom, R. G. Genetic relationships and characterization of Persian walnut (*Juglans regia L.*) cultivars using restriction fragment length polymorphisms (RFLPs) / R. G. Fjellstrom, D. E. Parfitt, G. H. McGranahan // Journal of the American Society for Horticultural Science. – 1994. – Vol. 119, N 4. – P. 833–839.
77. Fornari, B. Isozyme and organellar DNA analysis of genetic diversity in natural/naturalised European and Asiatic walnut (*Juglans regia L.*) populations / M. E. Malvolti, D. Turchini, S. Fineschi, I. Beritognolo, E. Maccaglia, F.

- Cannata, B. Fornari // IV International Walnut Symposium 544. 1999. – P. 167–178.
78. Foroni, I. 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. – Vol. 80, N 1. – P. 49–53.
79. Foroni, I. Identification of ‘Sorrento’ walnut using simple sequence repeats (SSRs) / I. Foroni, K. Woeste, L. M. Monti, R. Rao // Genetic resources and crop evolution. – 2007. – Vol. 54, N 5. – P. 1081–1094.
80. Frutos, D. Temperate fruit crops in warm climates. In: Walnuts (*Juglans regia L.*) in the Mediterranean warm climates (Erez A., ed). Kluwer Acad. Publ. The Netherlands. - 2000. - P. 405-427.
81. Fyfe, R.M. The European Pollen Database: past efforts and current activities / R. M. Fyfe, J. De Beaulieu, H. Binney, R. H. Bradshaw, S. Brewer, A. Le Flao, W. Finsinger, M. Gaillard, T. Giesecke, G. Gil-Romera // Vegetation History and Archaeobotany. – 2009. – Vol. 18, N 5. – P. 417–424.
82. Geraga, M. Evaluation of paleoenvironmental changes during the last 18,000 years in the Myrtoon basin, SW Aegean Sea / M. Geraga, C. Ioakim, G. Papatheodorou, G. Ferentinos // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2000. – Vol. 156, N 1-2. – P. 1–17.
83. Germain, E. Genetic improvement of the Persian walnut (*Juglans regia L.*). // Acta Horticultura. – 1997 – Vol. 442 – P. 21-32.
84. Gunn, B.F. 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, A. J.

- Miller, Y. Yongping, L. Lin, H. Xian // American journal of botany. – 2010. – Vol. 97, N 4. – P. 660–671.
85. Guo-Liang, W. Apomixis and new selections of walnut. / C. Yan-hui, Z. Peng-fei, Y. Jun-qiang. (et al.) // Acta Horticultura. – 2007 – Vol. 760 – P. 541-548.
86. Gupta, P.K. Microsatellites in plants: a new class of molecular markers / P. K. Gupta, H. S. Balyan, P. C. Sharma, B. Ramesh // Current Science. – 1996. – Vol. 70. – P. 45–54.
87. Hammer Ø. et al. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis //Palaeontologia electronica. – Vol. 4. – 2001. – P. 1-9.
88. Hajri, A. Identification of a genetic lineage within *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* as the causal agent of vertical oozing canker of Persian (English) walnut in France / A.Hajri, D.Meyer, F.Delort, J.Guillaumès, C.Brin, C.Manceau // Plant pathology. – Vol. 59. – 2010. – P. 1014-1022.
89. Hendricks, L.C. Cultivar choices for California walnut growers./ L.C. Hendricks. – Acta Horticulturae. – Vol. 442, 1995. – P. 265-270.
90. Hohlov, S.Y. 2012. Сортовое разнообразие ореха грецкого в Крыму и перспективы его использования в селекции. ) / S. Y. Hohlov // J Appl Res Plant Var Stud Protect. – 2012. – Т. 105. – С. 57.
91. Janick, J. Advances in fruit breeding. / J. Janick, J.N. Moore // – West Lafayette, Indiana: Purdue University Press, 1975. – 622 p.
92. Jeraj, M. The diet of Eneolithic (Copper Age, Fourth millennium cal bc.) pile dwellers and the early formation of the cultural landscape south of the Alps: a case study from Slovenia / M. Jeraj, A. Velušček, S. Jacomet // Vegetation History and Archaeobotany. – 2009. – Vol. 18, N 1. – P. 75–89.

93. Joly, C. Evolution of vegetation landscapes since the Late Mesolithic on the French West Atlantic coast / C. Joly, L. Visset // *Review of Palaeobotany and Palynology*. – 2009. – Vol. 154, N 1-4. – P. 124–179.
94. Kafkas, S. DNA polymorphism and assessment of genetic relationships in walnut genotypes based on AFLP and SAMPL markers / S. Kafkas, H. Ozkan, M. Sutyemez // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. – 2005. – Vol. 130, N 4. – P. 585–590.
95. Kalinowski, S.T. Revising how the computer program CERVUS accommodates genotyping error increases success in paternity assignment / S. T. Kalinowski, M. L. Taper, T. C. Marshall // *Molecular ecology*. – 2007. – Vol. 16, N 5. – P. 1099–1106.
96. Kaltenrieder, P. Vegetation and fire history of the Euganean Hills (Colli Euganei) as recorded by Lateglacial and Holocene sedimentary series from Lago della Costa (northeastern Italy) / P. Kaltenrieder, G. Procacci, B. Vannièrè, W. Tinner // *The Holocene*. – 2010. – Vol. 20, N 5. – P. 679–695.
97. Khokhlov, S. Identification of walnut cultivars from Nikita Botanical Gardens using SSR-markers / S. Khokhlov, E. Panyushkina, I. Balapanov, I. Suprun, S. Tokmakov // *II Asian Horticultural Congress 1208*. 2016. – P. 47–52.
98. Kloosterman, A.D. PCR-amplification and detection of the human D1S80 VNTR locus / A.D. Kloosterman, B. Budowle, P. Daselaar // *International Journal of Legal Medicine*. – 1993. – Vol. 105, N 5. – P. 257–264.
99. Korac, M. Prospective Yugoslav walnut selections with lateral fruits buds / M. Korac, B. Cerovic, B. Golosin, (et al.) – *Acta Horticulturae*. – Vol. 311, 1993. – P. 41-45.
100. Kouli, K. Plant landscape and land use at the Neolithic lake settlement of Dispilió (Macedonia, northern Greece) / K. Kouli // *Plant Biosystems-An International*

- Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology. – 2015. – T. 149, № 1. – C. 195–204.
101. Kumar, S. MEGA: molecular evolutionary genetics analysis software for microcomputers / S. Kumar, K. Tamura, M. Nei // *Bioinformatics*. – 1994. – Vol. 10, N 2. – P. 189–191.
102. Kumar, K. Homogamy in Persian Walnut (*Juglans regia* L.) Selections of Indigenous Origin from Himachal Pradesh, India / K. Kumar, S. D. Sharma, R. Sharma // *Advances in horticultural science [rivista dell'ortofloro frutticoltura italiana]*. 19 (N.1), 2005. – 2005. – Vol. 19, N 1. – P. 1000–1005.
103. Laiko, R.E. Apomixis of walnut. // *Acta Horticulturae*. – 1990. - Vol. 284 - P. 233-236.
104. Langella, O. 1999. CNRS UPR9034 Populations. 1228 pp. Available in <http://www.cnrs.gif.fr/pge>. (12/5/2002).
105. Leslie, C. Intersimple sequence repeat markers for fingerprinting and determining genetic relationships of walnut (*Juglans regia*) cultivars / D. Potter, F. Gao, G. Aiello, C. Leslie, G. McGranahan // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. – 2002. – Vol. 127, N 1. – P. 75–81.
106. Malvolti, M.E. Genetic variation in Italian populations of *Juglans regia*. Paciucci M, Cannata F, Fineschi S. // *Acta Horticulturae*. – 1993. – Vol. 311- P. 86-91.
107. Mamadjanov, D. Study of varieties and diversity of walnut forms in Kyrgyzstan (reviewed paper) / D. Mamadjanov // *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. – 2006. – Vol. 157, N 11. – P. 499–506.
108. Manel, S. Ten years of landscape genetics / S. Manel, R. Holderegger // *Trends in ecology & evolution*. – 2013. – Vol. 28, N 10. – P. 614–621.

109. Marinova, E. Human landscapes and climate change during the Holocene / E. Marinova, W. Kirleis, F. Bittmann // *VegHist Archaeobot.* – 2012. – Vol. 21. – P. 245-248.
110. McGranahan, G. Walnuts (*Juglans*). / G. McGranahan, C. Leslie // *Acta Horticulturae.* – 1991. – Vol. 290. – P. 907-974.
111. McGranahan, G. Breeding walnuts (*Juglans regia*) / G. McGranahan, C. Leslie // *Breeding Plantation Tree Crops: Temperate Species.* – NY, 2009. – P. 249–273.
112. Mercuri, A.M. *Olea, Juglans and Castanea: the OJC group as pollen evidence of the development of human-induced environments in the Italian peninsula* / A. M. Mercuri, M. B. Mazzanti, A. Florenzano, M. C. Montecchi, E. Rattighieri // *Quaternary International.* – 2013. – Vol. 303. – P. 24–42.
113. Mianaji, M. Genetic diversity in walnut anthracnose casual agent fungi, *Ophiognomonium leptostyla* (Fr.) Sogonov by ITS and IGS CAPS in northwest of Iran / M. Mianaji, H. Abdollahi, S. Jamshidi // *Agroecology Journal (Journal of new agricultural science).* – 2010. – Vol. 6. – P. 79-88.
114. Nekrassowa, V.L. The genus *Juglans* in Turkestan / V. L Nekrassowa // *Bulletin of Applied Botany, of Genetics and Plant-Breeding.* – 1927. – Vol. 18. – P. 303–360.
115. Nicese, F. P. Molecular characterization and genetic relatedness among walnut (*Juglans regia* L.) genotypes based on RAPD markers / F. P. Nicese, J. I. Hormaza, G. H. McGranahan // *Euphytica.* – 1998. – Vol. 101, N 2. – P. 199–206.
116. Ninot, A. Identification and genetic relationship of Persian walnut genotypes using isozyme markers / A. Ninot, N. Aleta // *Journal of the American Pomological Society.* – 2003. – Vol. 57, N 3. – P. 106.

117. Panagiotopoulos, K. Vegetation and climate history of the Lake Prespa region since the Lateglacial / K. Panagiotopoulos, A. Aufgebauer, F. Schäbitz, B. Wagner // *Quaternary International*. – 2013. – Vol. 293. – P. 157–169.
118. Peakall, R. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research / R. Peakall, P. E. Smouse // *Molecular ecology notes*. – 2006. – Vol. 6, N 1. – P. 288–295.
119. 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, N 19. – P. 2537–2539. – DOI: 10.1093/bioinformatics/bts460.
120. Poirier, M. A semi-physiological model of cold hardening and dehardening in walnut stem / M. Poirier, A. Lacoïnte, T. Améglio // *Tree physiology*. – 2010. – Vol. 30, N 12. – P. 1555–1569.
121. Pollegioni, P. Landscape genetics of Persian walnut (*Juglans regia* L.) across its Asian range / P. Pollegioni, K. E. Woeste, F. Chiochini, I. Olimpieri, V. Tortolano, J. Clark, G. E. Hemery, S. Mapelli, M. E. Malvolti // *Tree Genetics & Genomes*. – 2014. – Vol. 10, N 4. – P. 1027–1043.
122. Pollegioni, P. Long term human impacts on genetic structure of Italian walnut inferred by SSR markers / P. Pollegioni, K. Woeste, I. Olimpieri, D. Marandola, F. Cannata, M. E. Malvolti // *Tree Genetics & Genomes*. – 2014. - Vol. 7, N 4. – P. 707-723.
123. Pollegioni, P. Ancient humans influenced the current spatial genetic structure of common walnut populations in Asia. P. Pollegioni, K. Woeste, F. Chiochini, S. Del Lungo, I. Olimpieri, V. Tortolano, et al *PloS ONE*. – 2015. – Vol. 10, N10. e0135980. doi:10.1371/journal.pone.0135980

124. Pollegioni, P. Retrospective identification of hybridogenic walnut plants by SSR fingerprinting and parentage analysis / P. Pollegioni, K. Woeste, G. S. Mugnozza, M. E. Malvolti // *Molecular breeding*. – 2009. – Vol. 24, N 4. – P. 321-237.
125. Pollegioni, P. Barriers to interspecific hybridization between *Juglans nigra L.* and *J. regia L.* species / P. Pollegioni, I. Olimpieri, K. Woeste et al // *Tree Genetics & Genomes*. – 2013. – Vol. 9 P. 291-298
126. Pollegioni, P. Rethinking the history of common walnut (*Juglans regia L.*) in Europe: Its origins and human interactions / P. Pollegioni, K. Woeste, F. Chiocchini, S. Del Lungo, M. Ciolfi, I. Olimpieri, V. Tortolano, J. Clark, G. E. Hemery, S. Mapelli // *PloS one*. – 2017. – Vol. 12, N 3. – P. e0172541.
127. Pop, I. Relationships of walnut cultivars in a germplasm collection: comparative analysis of phenotypic and molecular data / I. F. Pop, A. C. Vicol, M. Botu, P. A. Raica, K. Vahdati, D. Pamfil // *Scientia Horticulturae*. – 2013. – Vol. 153. – P. 124–135.
128. Potter, D. Intersimple sequence repeat markers for fingerprinting and determining genetic relationships of walnut (*Juglans regia*) cultivars / D. Potter, F. Gao, G. Aiello, C. Leslie, G. McGranahan // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. – 2002. – Vol. 127,N 1.–P.75-81.
129. Rezaee, R. Variability of seedling vigor in Persian walnut as influenced by the vigor and bearing habit of the mother tree" / K. Vahdati, M. J. Valizadeh, // *J. Horticult. Sci. Biotechnol.* - 2009 - Vol. 84 - P. 228-232.
130. R Rice, W. R. Analyzing tables of statistical tests / W. R. Rice // *Evolution*. – 1989. – Vol. 43, N 1. – P. 223–225.
131. Roberts, N. The mid-Holocene climatic transition in the Mediterranean: causes and consequences / N. Roberts, D. Brayshaw, C. Kuzucuoğlu, R. Perez, L. Sadori // *The Holocene*. – 2011. – Vol. 21, N 1. – P. 3–13.

132. Robichaud, R. A robust set of black walnut microsatellites for parentage and clonal identification / R. L. Robichaud, J. C. Glaubitz, O. E. Rhodes, K. Woeste // *New Forests*. – 2006. – Vol. 32, N 2. – P. 179–196.
133. Roor, W. Population differentiation in common walnut (*Juglans regia L.*) across major parts of its native range—insights from molecular and morphometric data / W. Roor, H. Konrad, D. Mamadjanov, T. Geburek // *Journal of Heredity*. – 2017. – Vol. 108, N 4. – P. 391–404.
134. Rottoli, M. Prehistory of plant growing and collecting in northern Italy, based on seed remains from the early Neolithic to the Chalcolithic (c. 5600–2100 cal BC) / M. Rottoli, E. Castiglioni // *Vegetation History and Archaeobotany*. – 2009. – Vol. 18, N 1. – C. 91–103.
135. Ruiz García, L. 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. Fuentes, T. Frutos // *Spanish Journal of Agricultural Research*. - 2011 Vol. 9, N1 P.179-192
136. Sadori, L. Postglacial pollen records of Southern Europe. In: Elias S, editor. *Encyclopaedia of Quaternary Science*: Amsterdam, Elsevier. - 2013. - Vol. 4, P. 179-188.
137. Sánchez Goñi, M. F. A propos de la présence du pollen de *Castanea* et de *Juglans* dans les sédiments archéologiques würmiens anciens du Pays Basque espagnol / M. F. Sánchez Goñi // *Travaux de la section scientifique et technique. Institut français de Pondichéry*. – 1988. – Vol. 25. – P. 73–82.
138. Serr, E. F. Selecting suitable walnut varieties / E. F. Serr // *Davis, California, California Agricultural Experiment Station*. – 1962. – Vol. 1. – P. – 144 p.

139. Solar, A. Characterization of isozyme variation in walnut (*Juglans regia* L.) / A. Solar, J. Smole, M. Viršček-Marn // Progress in Temperate Fruit Breeding. – Dordrecht : Springer, 1994. – P. 313–320.
140. Solar, A. Genetic resources of walnut (*J. regia* L.) improvement in Slovenia: Evaluation of the largest collection of local genotypes. / A. Ivancic, F. Stampar, M. Hudina. // Genet. Resour. Crop. Evol. - 2002 - Vol. 49 (5) - P. 191-501.
141. Stirling, D. Multiplex amplification refractory mutation system for the detection of prothrombotic polymorphisms / D. Stirling // PCR protocols. – Humana Press: New Jercey, 2003. – P. 323–325.
142. This, P. Development of a standard set of microsatellite reference alleles for identification of grape cultivars / P. This, A. Jung, P. Boccacci, J. Borrego, R. Botta, L. Costantini, M. Crespan, G. S. Dangl, C. Eisenheld, F. Ferreira-Monteiro // Theoretical and Applied Genetics. – 2004. – Vol. 109, N 7. – P. 1448–1458.
143. Tulecke, W. The walnut germplasm collection of the University of California, Davis: A description of the collection and a history of the breeding program of Eugene L. Serr and Harold I. Forde / G. McGranahan. // University of California. Genetic Resources Conservation Program, Division of Agriculture and Natural Resources. – 1994. - Report №. 13. P. 39
144. Vahdati, K. Traditions and folks for walnut growing around the Silk Road / K. Vahdati // I International Symposium on Fruit Culture and Its Traditional Knowledge along Silk Road Countries 1032. - 2013. – P. 19–24.
145. Vahdati, K. Rooting ability of Persian walnut as affected by seedling vigour in response to stool layering / R. Rezaee, V. Grigoorian, M. (et al.) // Journal of Horticultural Science & Biotechnology. - 2008 - Vol. 83. - P. 334-338.
146. Vahdati, K. Genetic diversity and gene flow of some Persian walnut populations in southeast of Iran revealed by SSR markers / K. Vahdati, S. M. Pourtaklu, R.

- Karimi, R. Barzehkar, R. Amiri, M. Mozaffari, K. Woeste // Plant systematics and evolution. – 2015. – Vol. 301, N 2. – P. 691–699.
147. Van den Brink, L. M. The effect of human activities during cultural phases on the development of montane vegetation in the Serra de Estrela, Portugal / L. M. Van den Brink, C. R. Janssen // Review of Palaeobotany and Palynology. – 1985. – Vol. 44, N 3-4. – P. 193–215.
148. Victory, E. Genetic homogeneity in *Juglans nigra* (*Juglandaceae*) at nuclear microsatellites / E. R. Victory, J. C. Glaubitz, O. E. Rhodes Jr, K. E. Woeste // American Journal of Botany. – 2006. – Vol. 93, N 1. – P. 118–126.
149. Vyas, D. Genetic structure of walnut genotype using leaf isozymes as variability measure / D. Vyas, S. K. Sharma, D. R. Sharma // Scientia horticulturae. – 2003. – Vol. 97, N 2. – P. 141–152.
150. Wang, H. Genetic diversity and structure of walnut populations in central and southwestern China revealed by microsatellite markers / H. Wang, D. Pei, R. Gu, B. Wang // Journal of the American Society for Horticultural Science. – 2008. – Vol. 133, N 2. – P. 197–203.
151. Warburton, M. L. Genetic diversity in peach (*Prunus persica* L. Batch) revealed by randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) markers and compared to inbreeding coefficients / M. L. Warburton, F. A. Bliss // Journal of the American Society for Horticultural Science. – 1996. – Vol. 121, N 6. – P. 1012–1019.
152. Woeste, K. *Juglans*. In: Kole C, editor. Wild crop relatives: Genomic and breeding resources, forest trees / K. Woeste, C. Michler // Berlin: Springer; 2011. pp 77-87.
153. Woeste, K. Thirty polymorphic nuclear microsatellite loci from black walnut / K. Woeste, R. Burns, O. Rhodes, C. Michler // Journal of Heredity. – 2002. – Vol. 93, N 1. – P. 58–60.

154. Woldring, H. The origin of the “wild orchards” of Central Anatolia / H. Woldring, R. Cappers // Turkish Journal of Botany. – 2000. – Vol. 25, N 1. – P. 1–9.
155. Wright, S. Genetical structure of populations. / S. Wright // Nature. – 1950. – Vol. 166. – P. 247–49.
156. Yarilgac, T. An evaluation of yield potential in walnut. / S.M. Sen, F. Balta, A. Kazankaya // Acta Horticultura. – 2000 – Vol. 522 – P. 175-180.
157. Zohary, D. Domestication of Plants in the Old World: The origin and spread of domesticated plants in Southwest Asia, Europe, and the Mediterranean Basin / D. Zohary, M. Hopf, E. Weiss. – New York: Oxford University Press on Demand, 2012. – P. 370.
158. Zohary, D. Centers of diversity and centers of origin. In: Genetic resources in plants (Frankel O.H., Bennett E., eds). - 1970. - Blackwell. Oxford, UK. P. 33-42.