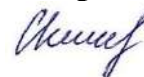


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«СУБТРОПИЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»

На правах рукописи



Кулешов Александр Сергеевич

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РЕДКИХ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР ИЗ
РОДА *CITRUS* В УСЛОВИЯХ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ
РОССИИ**

**Специальность 4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и
лекарственные культуры**

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель
к. с.-х. наук
Кулян Раиса Васильевна

Сочи, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА.....	9
1.1 Происхождение, значение, распространение цитрусовых культур.....	9
1.2 Биологические и морфологические особенности цитрусовых культур.	14
1.3 Отношение цитрусовых культур к условиям выращивания.....	17
1.4 Биологический потенциал цитрусовых культур.....	21
1.5 Вредители цитрусовых культур.....	24
1.6 Биохимические компоненты плодов цитрусовых культур	27
1.7 Генетические исследования цитрусовых культур с использованием молекулярных маркеров.....	30
2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	33
2.1 Объекты исследований.....	33
2.2 Условия проведения исследований.....	45
2.3 Методы исследований.....	47
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	50
3.1 Биологические особенности редких плодовых культур из рода <i>Citrus</i> в неконтролируемых условиях теплицы во влажных субтропиках России....	50
3.1.1 Особенности прохождения фенологических фаз в годичном цикле развития редких цитрусовых культур	50
3.1.1.1 Особенности наступления и протекания фенофазы «распускание почек и бутонизация» у редких цитрусовых культур.....	51
3.1.1.2 Особенности наступления и протекания фенофазы «цветение» у редких цитрусовых культур.....	54
3.1.1.3 Особенности роста и развития редких цитрусовых культур в летне-осенний период.....	59
3.1.1.4 Особенности наступления и протекания фенофазы «созревание плодов» у редких цитрусовых культур	62

3.2 Основные показатели роста и развития редких плодовых культур из рода <i>Citrus</i> в неконтролируемых условиях теплицы.....	66
3.3 Оценка устойчивости редких плодовых культур из рода <i>Citrus</i> разного эколого-географического происхождения к стресс факторам среды	72
3.3.1 Пигментный состав редких плодовых культур из рода <i>Citrus</i>	73
3.3.2 Устьичный аппарат редких плодовых культур из рода <i>Citrus</i>	82
3.3.3 Оценка устойчивости редких плодовых культур из рода <i>Citrus</i> к доминирующим вредителям в условиях влажных субтропиков России.....	86
3.4 Качественная характеристика плодов редких плодовых культур из рода <i>Citrus</i> в неконтролируемых условиях теплицы во влажных субтропиках России.....	91
3.4.1 Механический анализ плодов редких плодовых культур из рода <i>Citrus</i>	92
3.4.2 Оценка урожайности редких плодовых культур из рода <i>Citrus</i> ...	96
3.4.3 Биохимический анализ плодов редких плодовых культур из рода <i>Citrus</i>	98
3.4.4 Экономическая эффективность производства редких плодовых культур из рода <i>Citrus</i>	105
3.5 Генетический анализ редких плодовых культур из рода <i>Citrus</i> с использованием ISSR– и SCoT – маркеров.....	107
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	113
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	117
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	118
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	144
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	145

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Цитрусовые культуры – это одни из самых ценных плодовых культур, которые имеют большое экономическое значение в странах с тропическим и субтропическим климатом. В настоящее время наибольшие площади возделывания заняты под такими видами как мандарин, апельсин, лимон, грейпфрут (Горшков, 1996; Айба и др., 2004; Кулян и др., 2017), но в сельскохозяйственном производстве существует постоянная необходимость в обновлении как промышленного сортимента, так и видов культивируемых плодовых растений. Для успешного развития той или иной отрасли сельского хозяйства, необходимо введение в промышленный сортимент региона новых интродуцированных видов и сортов. Одним из путей такого обновления является интродукция и комплексная оценка образцов в новых для них условиях. Среди большого видового разнообразия цитрусовых культур, существуют редкие виды и сорта, которые не были полностью изучены и тем самым не получили широкого распространения. Коллекция ФИЦ СЦ РАН насчитывает 142 сортообразца, среди которых имеются интродуцированные из разных стран мира редкие виды и сорта, комплексное изучение которых позволит обновить и расширить сортимент для Черноморского побережья России – единственного субтропического региона, где возможно выращивать цитрусовые культуры в открытом грунте, что является актуальным научным направлением.

Цель исследований – провести комплексную оценку редких плодовых культур из рода *Citrus* L. в неконтролируемых условиях теплицы, подобрать сортимент для использования в различных направлениях (для производства, любительского и декоративного садоводства).

Задачи исследований:

1. Выявить особенности прохождения фенологических фаз редких плодовых культур из рода *Citrus* в годичном цикле развития;
2. Оценить биологические и морфологические особенности редких плодовых культур из рода *Citrus* на основании биометрических показателей;

3. Изучить адаптационный потенциал редких плодовых культур из рода *Citrus* к абиотическим и биотическим факторам среды: определить содержание фотосинтетических пигментов (хлорофилл а, в, сумма каротиноидов); изучить особенности устьичного аппарата; оценить устойчивость к гидротермическим стрессорам и доминирующим вредителям цитрусовых культур;

4. Оценить качество плодов по показателям механического, биохимического состава и органолептической характеристики;

5. Провести генотипирование с использованием молекулярных маркеров, определить генетические дистанции среди изучаемых редких цитрусовых культур.

Научная новизна результатов исследования. Впервые проведена комплексная оценка редких интродуцированных цитрусовых культур в неконтролируемых условиях теплицы во влажных субтропиках России. Выявлены закономерности роста и развития в зависимости от видовых, сортовых особенностей и гидротермических условий выращивания. Впервые в динамике определен пигментный состав и изучен устьичный аппарат в листьях, на основе которых дана оценка адаптационного потенциала в изменяющихся гидротермических условиях и выделены наиболее устойчивые виды и сорта цитрусовых. Выделены устойчивые виды и сорта к доминирующим вредителям цитрусовых культур. Выделены виды и сорта с наилучшими хозяйственно-ценными признаками плодов, для использования в производстве, любительском и декоративном цитрусоводстве. Впервые проведено генотипирование редких плодовых культур из рода *Citrus* с использованием ISSR и SCoT маркеров, по результатам которого определены генетические дистанции среди изучаемых видов и сортов, а также выявлены наиболее эффективные маркеры для изучения генетического разнообразия коллекции цитрусовых культур.

Теоретическая и практическая значимость. Определены оптимальные условия для роста и развития редких плодовых культур из рода *Citrus*. Установлены изменения в жизненном цикле растений под воздействием гидротермических стресс-факторов. Изучен адаптивный потенциал редких

плодовых культур из рода *Citrus* в неконтролируемых условиях теплицы во влажных субтропиках России.

Для промышленного производства предложены виды и сорта с высокими товарными качествами плодов и устойчивостью к доминирующим вредителям цитрусовых культур. Установлены генетические дистанции среди редких видов и сортов и выявлены наиболее эффективные молекулярные маркеры для изучения и установления генетической изменчивости цитрусовых культур, а также могут быть предложены для растений других семейств.

Личный вклад автора состоит в постановке и проведении всех этапов научного исследования, самостоятельном анализе и написании литературного обзора. Лично и в полном объеме проведены экспериментальные и лабораторные исследования, обработаны полученные данные, обобщены и проанализированы полученные результаты, подготовлены публикации в различных изданиях. Разработка программы и подбор методик исследований выполнены при участии научного руководителя.

Методология исследования основана на логическом построении структуры диссертационной работы, в результате которой была поэтапно дана научно – обоснованная комплексная оценка редким плодовым культурам из рода *Citrus*, позволившая выделить виды и сорта для расширения и оптимизации промышленного сортимента цитрусовых в условиях влажных субтропиков России, а также для любительского и декоративного садоводства.

Положения, выносимые на защиту:

1. Биологическая характеристика редких видов и сортов цитрусовых культур обусловлена генетическими особенностями и зависит от гидротермических условий года.

2. Сортимент наиболее устойчивых к абиотическим и биотическим факторам среды редких плодовых культур из рода *Citrus*, выделенный на основе изучения адаптационного потенциала.

3. Редкие виды и сорта с высокими качественными характеристиками плодов – основа расширения сортимента цитрусовых культур в субтропической зоне.

4. Оценка генетических дистанций редких плодовых культур из рода *Citrus* на основе генотипирования позволила выявить наиболее эффективные маркеры для изучения генетического разнообразия в коллекции цитрусовых.

Степень достоверности полученных результатов подтверждается объемом проанализированных и обобщенных статистической обработкой экспериментальных материалов с применением общепринятых методов исследований, достоверным заключением и обоснованными рекомендациями.

Апробация работы. Результаты исследований были доложены в 2020-2022 гг. на ежегодных отчетных сессиях ФИЦ СНЦ РАН, а также на 9 всероссийских и международных конференциях и симпозиумах различного уровня, в т.ч.: XVII ежегодная молодежная научная конференция «Наука и технологии Юга России» (Ростов-на-Дону, 2021), получен диплом III степени; Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы физиологии, биохимии и биотехнологии растений» (Сочи, 2021); Всероссийская научно-практическая конференция (с международным участием), посвященная 60-летию ФГБНУ «Адыгейский НИИСХ» (Майкоп, 2021); XVIII ежегодная молодежная научная конференция «Наука Юга России: достижения и перспективы» (Ростов-на-Дону, 2022), получен диплом II степени; Всероссийская конференция «Генетические ресурсы растений для генетических технологий: к 100-летию Пушкинских лабораторий ВИР» (Санкт-Петербург, 2022); Международная научная конференция, посвященная 90-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси (Минск, 2022); V Вавиловская международная конференция (Санкт-Петербург, 2022); XIX Ежегодная молодежная научная конференция «Достижения и перспективы научных исследований молодых ученых Юга России» (Ростов-на-Дону, 2023); Всероссийская конференция «Генетические ресурсы растений для генетических технологий» (г. Санкт-Петербург, 2023).

Публикации результатов исследований. По материалам диссертации опубликованы 15 научных статей, отражающих основные положения проведенных исследований (в т.ч. 8 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ; 3 – в изданиях, индексируемых в БД Scopus).

Структура и объем диссертационной работы: Диссертационная работа содержит введение, 3 главы, заключение, включающее выводы и практические рекомендации, библиографический список из 227 наименований, в том числе 99 – иностранных авторов. Работа изложена на 152 страницах, содержит 39 рисунков, 22 таблицы, приложения.

Благодарности. Автор выражает искреннюю и глубокую благодарность за оказанные содействия и консультативную помощь в выполнении данной работы своему руководителю к.с.-х.н. Р.В. Кулян; д.б.н. О.Г. Белоус, д.б.н. Карпун Н.Н.; д.с.-х.н. В.М. Горшкову и сотрудникам отдела генетических ресурсов растений ФИЦ СНЦ РАН за консультации во время подготовки материалов диссертации; сотрудникам отдела физиологии и биохимии растений ФИЦ СНЦ РАН за помощь в проведении физиологических, анатомо-морфологических и биохимических анализов; сотрудникам отдела лаборатории молекулярной и клеточной селекции отдела биотехнологии за помощь в генетических анализах и обработку данных.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА

1.1 Происхождение, значение, распространение цитрусовых культур

Культивируемые в настоящее время во всем мире цитрусовые культуры являются представителями рода *Citrus* L. Этот род, а также его дикие и полудикие сородичи (*C. trifoliata* L. и *C. ichangensis* Sw.) относятся к подсемейству Померанцевые (*Aurantioideae* Eng.) семейства Рутовые (*Rutaceae* Juss.) (Кулян, 2019; Кулешов, 2020). Цитрусовые, за исключением *C. trifoliata*, являются вечнозелеными растениями и считаются важнейшими плодовыми культурами тропических и субтропических регионов мира (Самарина, 2013; Рындин, Кулян, 2016; Goldschmidt, Koch, 2017).

Представители цитрусовых появились на земле примерно 30 млн. лет назад, а их возделывание началось примерно в II–III тысячелетии до н. э. в Юго-Восточной Азии (Tanaka, 1935; Bartholomew, Sinclair, 1943; Liu et al, 2012). Род *Citrus* имеет достаточно долгую историю своего развития. Цитрусовые характеризуются высокой половой совместимостью между видами и родами, благодаря чему род имеет большое генетическое разнообразие. В последнее время установлено, что только цитрон (*Citrus medica* L.), мандарин (*C. reticulata* Blanco), помело (*C. maxima* (Burm.) Merr.) и папеда (*C. micrantha* Wester) являются настоящими видами рода *Citrus*. Среди важных видов цитрусовых таких как, грейпфрут, апельсин, лимон, бигарадия, лайм и мандарины, произошли в результате естественной и искусственной гибридизации между этими предковыми видами (Витковский, 2003; Kummer et al., 2013; Wu et al., 2018). В результате множественных спонтанных мутаций, перекрестного опыления, апомиксиса, а также естественного и искусственного отборов возникло много видов, промежуточных форм современного сортимента цитрусовых (Кулян, 2019). Такая точка зрения была достоверно подтверждена филогенетическими исследованиями (Barrett, Rhodes, 1976), в которых было оценено 146 морфологических и

биохимических характеристик – деревьев, листьев, цветков и плодов, а позже она была подтверждена также с использованием молекулярных маркеров (Pena, 2009).

Цитрусовые и их сородичи очень древние растения, что затрудняет изучение их происхождения и разнообразия (Liu et al., 2013; Wu et al., 2018). По данным П.М. Жуковского (1971), первичный центр происхождения цитрусовых, объединенных в род *Citrus*, находится в Гималаях и Юго-Восточной Азии с островами Меланезии. По проведенным исследованиям японского цитролога Т.А. Танака, главный центр происхождения культуры находится в Северной Индии и Бирме. Этому мнению придерживались и отечественные ботаники, которые считали родиной цитрусовых тропические и субтропические районы Индии и Китая (Вавилов, 1926; Лусс, 1931; Кожин, 1936; Гутиев, 1957; Сапиев и др., 1997).

Вторым центром первичного происхождения принято считать Индокитайский, охватывающий страны Индокитая, острова Индонезии, Филиппин. Данный центр имеет богатый видовой и сортовой состав цитрусовых, однако он уступает первичному центру. Третий центр формообразования цитрусовых – Южнокитайский, где произрастают самые зимостойкие сородичи – *C. trifoliata* и *C. ichangensis*, *Fortunella* Sw. (Кулян, 2014).

Однако сложность в точном определении центра происхождения цитрусовых культур заключается в том, что ни один из основных видов (*C. reticulata*, *C. medica*, *C. maxima* и *C. micrantha*) не были обнаружены в диком виде. Существует предположение, что древние виды цитрусовых, из которых возникли современные культурные сорта, не смогли выжить в природе и исчезли (Трубачев, 2004).

Систематика и классификация цитрусовых культур достаточно проблематична и имеет спорный характер (Barkley et al., 2006). До сих пор нет общепринятой ботанической классификации, связано это с чрезвычайным полиморфизмом рода *Citrus*. Согласно В.П. Алексееву (1955), в семействе Rutaceae описано 7 подсемейств, 150 родов и около 1600 видов. Наиболее хозяйственное и практическое значение имеют три ботанических рода: *Citrus*, *Fortunella* и *Poncirus*.

В настоящее время используются две основные классификации подсемейства Померанцевые (Aurantiodeae), созданные W.T. Swingle (1946) и Т.А. Tanaka (1966), каждая из которых имеет положительные и отрицательные стороны. Среди специалистов по выращиванию цитрусовых, наибольшее признание получила классификация W.T. Swingle. Она является общепринятой во многих странах мира, особенно в Англии и США, и включает в себя два подрода, представленных 16 видами рода *Citrus*, восемь из которых дают съедобные плоды и имеют коммерческое значение: *C. reticulata* (мандарины), *C. medica* (цитроны), *C. sinensis* (L.) Osb. (сладкие апельсины), *C. paradisi* Macf. (грейпфруты), *C. maxima* (помпельмус), *C. limon* (L.) Burm. (лимон), *C. aurantifolia* (Christm.) Swing. (лаймы), *C. aurantium* L. (кислые апельсины) (Swingle, 1967; Горшков и др., 2013; Копылов и др., 2019).

Классификация Т.А. Tanaka объединяет более 147 видов рода *Citrus* (Moore, 2001). При выделении видов он учитывал морфологические особенности растений, экологию и строение плодов. Однако некоторые цитрологи не согласны с существованием такого большого количества самостоятельных видов, различия между некоторыми очень незначительны (Копылов и др., 2019). Также систематикой рода *Citrus* занимались В.В. Маркович (1921), А.И. Лусс (1947), R.W. Hodgson (1961), П.М. Жуковский (1971) и др.

Американский цитролог R.W. Hodgson (1961), изучив и разобрав обе системы, пришел к выводу, что необходимо их объединить, добавив к 16 видам W.T. Swingle лишь 20 видов Т.А. Tanaka и считать, что род *Citrus* объединяет 36 видов. Однако более поздние разработки указывают на то, что он полностью разделяет и поддерживает систематику W.T. Swingle (Даньков, 2014). Последнее время многие цитрологи используют Plant List (The Plant List, 2022).

Большое количество полезных свойств и качеств цитрусовых, влияющих положительно на здоровье человека, способствовали окультуриванию и распространению их по всему миру. По распространению среди плодовых культур, они занимают третье место в мире и их ежегодное производство составляет более 137 млн. тонн, а площадь под насаждениями – более 14 млн. га.

В настоящее время выращиванием цитрусовых в промышленном значении занимаются более, чем в 142 странах мира. Наибольший валовой сбор приходится на такие страны, как Китай (более 39,3 млн. т), Бразилия (19,7 млн.т), Индия (11, 4 млн. т), Мексика, США, Испания, Турция, Египет (FAO, 2023).

Цитрусовые культуры в субтропиках России имеют относительно короткую историю своего развития. Впервые их завезли в 1902 году и начали культивировать в районе Адлер-Сочи и только после 1917 года цитрусовые культуры в СССР получили широкое промышленное развитие (Katkoff, 1952; Volk et.al., 2023). К 1928 году в зоне деятельности Сочинской опытной станции (ныне ФИЦ СЦ РАН) насчитывалось 190 участков с насаждениями цитрусовых культур, а к 1952 году в районе Сочи площади под насаждениями составляли 292 га. Наибольшие площади отдавались под мандарин (223 га), как самый приспособленный к произрастанию в сравнительно суровых условиях Черноморского побережья, далее 52 га – лимон, 10 га – апельсин (Горшков, 2004). Благодаря Н.И. Вавилову, с середины 30-х годов в регионе Черноморского побережья, на бывшей Сухумской опытной станции, была начата работа по сбору генофонда цитрусовых культур. Здесь была собрана самая крупная коллекция цитрусовых в бывшем СССР, которая состояла из 860 сортообразцов, в том числе 49 видов (Кулян, 2014). В настоящее время коллекция цитрусовых ФИЦ СЦ РАН (г. Сочи) насчитывает 142 таксона, представлена видами, сортами, межвидовыми и межродовыми гибридами, дикими и полудикими сородичами, интродуцированными из Китая, Японии, Италии, Испании, Америки, Никарагуа, Абхазии, Белоруссии (Кулян и др., 2017; Рындин и др., 2019). Коллекция сохраняется и постоянно пополняется новыми образцами. На базе коллекции проводится изучение образцов и выделение источников хозяйственно–ценных признаков, селекционные работы, сортоиспытание и отработка различных технологических вопросов (Кулян, Горшков, 2019; Кулян, Белоус, 2021; Рындин и др., 2021; Samarina et. al., 2021).

В плодах, цветках и листьях содержится широкий спектр биологически активных веществ (органические кислоты, биофлавоноиды, эфирные масла,

витамины). Эфирные масла цитрусовых широко используют для получения натуральных духов, в качестве ароматизирующих ингредиентов в пищевых, фармацевтических и косметических продуктах (Othman et al., 2017; Поладашвили, 2021). Из цветков получают одно из самых дорогих масел – нероли (Ильяшенко, 1936; Khodabakhsh et al., 2015).

Плоды цитрусовых способны храниться длительное время, а при соответствующих температурных условиях могут сохраниться до урожая следующего года, при этом содержание витаминов в плодах остается неизменным.

Польза цитрусовых также поистине огромна с точки зрения медицины. Так, например, сок цитрусовых, помимо своих прекрасных вкусовых качеств, убивает вредные микроорганизмы и предотвращает их распространение. Еще в Древней Персии знали о целебных свойствах *C. aurantium* (кислого апельсина) (Fathi et al., 2020), и в настоящее время традиционно используется в некоторых странах в качестве альтернативной медицины для лечения тревоги, бессонницы и как противосудорожное средство. (Carvalho-Freitas, Costa, 2002; Akhlaghi et al., 2011)

Цитрусовые растения способны очищать атмосферу в помещении от вредных микроорганизмов с помощью фитонцидов (Власенко, 2012). В настоящее время стремительно формируется социальный заказ на средоулучшающие технологии, способствующие активному долголетию, которые первым в России развивал А.Т. Болотов в XVIII–XIX вв. (Жученко, 2016).

Особой популярностью пользуются цитрусовые в декоративном садоводстве. Они легко приспосабливаются к новым условиям выращивания, имеют декоративные листья и эффектно во время цветения (Кулян, 2011, 2016; Ткаченко, 2017; Карп, Ну, 2018; Атесленко, 2022).

Цитрусовые культуры отличаются долговечностью и высокой урожайностью, благодаря чему, в промышленном масштабе способствуют быстрой окупаемости затрат. Некоторые виды цитрусовых поражают своей долговечностью. Так, в Риме на территории одного монастыря растет померанцевое дерево, возраст которого около 600 лет (Morton, 1987). Но самое

знаменитое старейшее апельсиновое дерево растет около Версальского палаца в пригороде Парижа, которое было посажено примерно в 1421 году. Благодаря такому долгожительству, благоприятным почвенно-климатическим условиям с отдельных деревьев можно получить высочайший урожай, который во много раз будет превышать урожайность других плодовых культур. Например, на острове Мальта и в окрестностях Неаполя можно встретить деревья, приносящие до 30 000 плодов (Ильяшенко, 1936).

Благодаря перечисленным достоинствам, многие страны мира, расположенные в тропическом и субтропическом климате, поставили цитрусовые на первое место в качестве основной плодовой культуры. По данным FAO (2023), мировое производство цитрусовых с 1961 по 2021 г. увеличилось на 138,9 млн. т, а площади под насаждениями на 7,9 млн. га.

1.2 Биологические и морфологические особенности цитрусовых культур

Цитрусовые культуры представляют собой многолетние вечнозеленые деревья, или кустарники, без явно выраженного зимнего покоя, т.е. при благоприятных условиях вегетируют в течение круглого года. В одно и то же время на деревьях можно встретить растущие побеги, зрелые плоды, бутоны, цветки и завязи.

Корневая система цитрусовых имеет биморфный характер роста, т.е. основная масса корней находится в поверхностном слое почвы (0-40 см). Корневая система у всех цитрусовых культур, состоит из скелетных, полускелетных и обрастающих корней, на концах которых образуется микориза. Такая симбиотическая ассоциация корней цитрусовых и мицелия гриба играет важную роль в жизнедеятельности растений. Она способствует увеличению площади поверхности всасывания корней и поглощению из почвы воды и питательных веществ. Из проведенных исследований, было установлено образование микоризы вокруг всасывающих активных корней, число которых достигает 18-25 ед. на 1 мм корня (Горшков, 2022).

Характер роста цитрусовых симподиальный, т.е. большинство побегов появляется из вспомогательных почек вблизи верхушек старых побегов (Ali, Imran, 2021). В зависимости от видовой принадлежности, деревья могут достигать различной высоты. Так, наиболее сильнорослые виды цитрусовых – апельсин, помпельмус и грейпфрут – способны достигать высоты 4–12 м. Мандарин и лимон относятся к среднерослым и вырастают до 3,0–3,5 м, но существуют и карликовые сорта (до 1,8–2,5 м). Крона от шаровидной до широко-раскидистой формы (Воронцов и др., 1979; Рындин и др., 2016).

Листья простые, плотные, кожистые, от овальной до ланцетовидной формы с различной степенью зазубренности. С верхней стороны покрыты кутикулой, на абаксиальной (нижней) стороне расположены многочисленные устьица и вместилища с эфирными маслами (Кожин, 1931).

Окраска листьев зависит от возраста: светло-зеленная у молодых и темно-зеленная – у вызревших, продолжительность жизни листьев составляет 2-3 года. Молодые листья выполняют основные функции поддержания жизни, а старые накапливают питательные вещества для формирования новых вегетативных и генеративных органов. На черешках, в зависимости от вида, имеются различные крылатки: от слабо окаймлённых (у мандарина) до сильно окаймлённых (у помпельмуса и грейпфрута), у цитрона они полностью отсутствуют, а у растений подрода *Papeda* – могут быть соизмеримы с листовой пластинкой. В пазухах листьев или на ветвях могут располагаться колючки различной величины или вовсе отсутствовать (Кожин, 1931; Глазырин, 1967; Воронцов, Улейская, 2008; Zhang, Z.H. et al, 2020).

Цитрусовые культуры в течение вегетационного периода в субтропических регионах имеют до 3–4 волн активного роста, а в тропических и тепличных условиях рост побегов происходит почти непрерывно. Между периодами роста наступает период относительного покоя, в течение которого происходит вызревание новых тканей, листьев и древесины (Гутиев, 1958; Воронцов и др., 1979; Мосияш; Горшков, 1996; Рындин, 2016).

Цветки расположены в пазухах листьев одиночно или собраны в соцветия, образуются у большинства цитрусовых на побегах текущего года. Лепестки плотные, мясистые с приятным сильным ароматом. Могут быть полностью белыми или иметь на нижней стороне антоциановую окраску (лимон, лайм). Цветение наступает в конце апреля – начале мая. Для представителей лимонной группы (лайм, лимон, цитрон, бергамот и т.д.), при благоприятных условиях, характерно проявление ремонтантности в течение вегетационного периода (Фогель, 2004).

Завязывание плодов у цитрусовых происходит при перекрестном опылении или партенокарпически. Цитрусовый плод представляет собой гесперидий, а именно ягоду, возникающую в результате роста и развития завязи, которая состоит из мясистых частей, разделенных на сегменты, окружённые отделяемой кожицей. Гесперидий состоит из двух основных областей: околоплодника (кожура) и эндокарпия, который часто называют пульпой, содержит в себе соковые мешочки и семена (Liu, Y. Q. et al, 2012) (рис. 1).



Рисунок 1 – Строение плода цитрусовых – гесперидия: 1 – флаведо; 2 – альбедо; 3 – эндокарпий; 4 – соковые мешочки; 5 – семена

Околоплодник состоит из внешней цветной кожуры, называемой экзокарпий (флаведо) и внутреннего, обычно белого слоя, называемого альбедо.

Флаведо покрыто многочисленными эфиромасличными вместилищами, имеет гладкую или бугристую поверхность в начале развития зеленого, позже желтого, лимонного или оранжевого цвета. Форма плодов цитрусовых достаточно разнообразна, может иметь как простую округлую (*C. reticulata*), так и сложную необычную форму (*C. medica* var. *sarcodactilus* (цитрон 'Рука Будды')).

Рост плодов в условиях Черноморского побережья в первое время происходит медленно, к середине августа имеют размеры меньше грецкого ореха, максимальной величины достигают к концу сентября (Самоладас, 1978). Созревание плодов разных видов цитрусовых начинается с третьей декады октября, большое значение в этот период имеет тепло и влага. Содержание семян в плодах зависит от вида, сорта и колеблется от 2 до 40 штук или вовсе отсутствуют. Расположены они между соковыми мешочками, очень близко к сердцевине плода. Семена состоят из двух мясистых семядолей и содержат один или несколько зародышей. На количество семян большое влияние оказывает перекрестное опыление (Зорин, 1955; Капанадзе, 1967).

Главной особенностью цитрусовых является их долговечность и высокая урожайность. При благоприятных почвенно-климатических условиях и должном уходе, средняя продолжительность деревьев составляет около ста лет. В условиях открытого грунта влажных субтропиков России, предельный возраст достигает 40-50 лет (Рындин и др., 2016).

Среди большого разнообразия цитрусовых, существуют формы, отличающиеся высокими декоративными признаками – компактность кроны, форма и размер листовой пластинки, цветка, проявление ремонтантности, партенокарпия, которые высоко ценятся в декоративном садоводстве.

1.3 Отношение цитрусовых культур к условиям выращивания

Каждому растению для нормального развития и поддержания жизнедеятельности необходимы, в первую очередь, благоприятные абиотические факторы среды (температура, влажность, свет, свойства почвы, рельеф и т.д.), а

также антропогенные факторы, способствующие улучшению жизни растений (Дорошенко и др., 2010). Каждому виду свойственно определенное отношение и потребности к условиям произрастания, поэтому их изучение, способствует интродукции в новые условия выращивания, а также служит источником для изучения адаптивности и устойчивости растений.

Отношение цитрусовых к температурным условиям. Как правило, цитрусовые культуры относятся к теплолюбивым культурам и отличаются от других плодовых растений низкой морозостойкостью. Поэтому, их произрастание и выращивание возможно в районах, расположенных в субтропическом и частично тропическом климате. В более северных районах, цитрусовые возможно выращивать в теплицах, зимних садах, оранжереях, а также в различных помещениях (Вильчинский, 1956; Воронцов, Улейская, 2008; Кулян, 2011).

Цитрусовые растения предъявляют большие требования к теплу как во время роста, так и в период зимнего покоя. Так, сумма эффективных температур, необходимая для нормального прохождения вегетации: для мандарина – 3 800 °С, для лимона – 4 000 – 4 300 °С, для грейпфрута – 4 400 °С и для апельсина – 4 500 °С (Гутиев, 1958; Мосияш, 1963; Горшков, 1996; Рындин, Горшков, 2012).

Для цитрусовых имеет большое значение не только требование к теплу за вегетационный период, но также повторяемость и продолжительность низких зимних температур (Кулян, Горшков, 2019). Степень морозоустойчивости растения зависит от вида, его состояния и комплекса агротехнических мероприятий. Подмерзание различных органов цитрусовых происходит при определенных отрицательных температурах: цветки и плоды подмерзают при -1,2...-2,5 °С, молодой прирост и листья – при -3...-4 °С, годовые побеги при -5...-6 °С, основные скелетные ветви при -8...-9 °С. Наиболее морозостойким среди рода *Citrus* считает *C. ichangensis*, который способен выдерживать понижение температуры до -18 °С, что ставит его на второе место после близкородственного вида *C. trifoliata* (-22...-23 °С). Среди коммерчески важных видов, более морозостойким является мандарин (до -12 °С), за ним следует

апельсин и грейпфрут (до -11 °С), помпельмус (до -10 °С), лимон (до - 8 °С), лимон Мейера (до -9 °С) (Бахтадзе, 1977; Айба и др., 2004; Рындин и др., 2016).

Высокие температуры в летний период (выше +30 °С) с сопровождением низкой атмосферной и почвенной влагой, способствуют угнетению растений. В результате происходят нарушение ассимиляционных процессов, опадение завязи и повреждение листьев в виде солнечных ожогов, приводящих к преждевременному их опадению. Растения ослабевают и, в большей степени, подвержены развитию различных болезней и служат хорошей мишенью для вредителей цитрусовых. Негативное влияние критических факторов летнего периода приводит к снижению урожайности и качества плодов (Кошкин, 2010; Дорошенко и др., 2014). Среди цитрусовых растений, наиболее устойчивым к дефициту влаги в почве и воздухе видом является *C. sinensis* (апельсин) и *C. grandis* (грейпфрут) (Ballester C. et al., 2013; Pérez-Pérez et al., 2014; Рындин и др., 2016).

Влажные субтропики России находятся на крайней границе возможного промышленного возделывания цитрусовых культур (Горшков, 2018). В данном регионе высока вероятность опускания температуры в зимний период до отрицательных значений (до -12 °С), которые являются губительными для цитрусовых. Наиболее перспективным для данной зоны является мандарин, как самый зимостойкий промышленный вид (Воронцов и др., 1979; Кулян, Горшков, 2019).

Отношение к влаге. Цитрусовые культуры относятся к мезофильным растениям. Они предъявляют высокие требования к атмосферной и почвенной влаге, особенно во время цветения и завязывания плодов. Высокая потребность во влажности воздуха, обусловлена их происхождением из регионов, расположенных в тропической зоне. Сухой воздух оказывает негативное влияние на все фазы роста и развития цитрусовых, но в большей степени, наибольший вред происходит в первые месяцы после цветения, который вызывает резкое осыпание завязей и молодых плодов (Romero et al., 2006). Растрескивание плодов

может быть вызвано влажностью воздуха и почвы, температурой, засуха и чрезмерный полив вызывают растрескивание (Sato, 2015).

Почвенный дефицит воды способствует замедлению у citrusовых вегетативного роста, снижению урожайности, размера и качества плодов, что приводит к значительным экономическим потерям (Rodríguez-Gamir et al., 2010).

Отношение к свету. Citrusовые культуры относятся к светолюбивым растениям. Свет для citrusовых является основным источником энергии, при участии которого в процессе фотосинтеза создаются органические вещества. Фотосинтетическая деятельность заметно повышается при оптимальном освещении, при этом у молодых листьев интенсивность фотосинтеза значительно сильнее, чем у старых.

Citrusовые являются растениями короткого дня, однако хорошо приспосабливаются к изменению продолжительности светового периода. Оптимальная продолжительность светового дня для citrusовых – около 12 часов. Citrusовые достаточно теневыносливые, могут произрастать в комнатных условиях с недостатком света. При этом у растений увеличивается листовая пластинка и удлиняется прирост побегов, а также снижается урожайность. Наиболее оптимальное освещение для citrusовых находится в пределах между 8 500 и 12 000 лк.

Отношение к почвенным условиям. Химический и механический состав почвы играет важное значение в жизни citrusовых растений. К почвам citrusовые неприхотливы. Наилучшими по механическому составу являются почвы с большим содержанием гумуса, влагоемкие и хорошо проницаемые для воды и воздуха. Не пригодны песчаные, тяжелые глинистые и заболоченные почвы. Высокое содержание солей в почве приводит к снижению поглощения воды растениями и накопления хлора в листьях citrusовых (Arbona et al. 2008; Balfagon et al., 2022)

Одним из важных факторов усвоения питательных веществ из почвы является ее кислотность (pH). Оптимальные условия реакции почвы для

большинства цитрусовых составляет $pH = 6-7$, сильные отклонения от этих норм приводят к угнетению растений и снижению урожайности (Маршания, 1970).

Из всех рассмотренных абиотических факторов среды лимитирующим для цитрусовых культур является температура, а именно отрицательные температуры в зимний период. Однако воздействие на растения отрицательного влияния факторов среды можно избежать благодаря высокоинтенсивным агротехническим приемам, способствующим поддержанию оптимальных условий для роста и развития растений и получения стабильно высоких урожаев.

1.4 Оценка биологического потенциала цитрусовых культур

Цитрусовые – многолетние вечнозеленые растения тропического происхождения, подвержены большим сезонным колебаниям климатических параметров в течение всего годового цикла. Знание о анатомо-морфологических и фотосинтетических характеристиках ассимиляционного аппарата цитрусовых растений и их реакцию на изменения в окружающей среде, имеет важное значение для развития растений и повышения урожайности. Тем не менее сведения об их физиологических реакциях на климатические изменения в природных условиях, особенно в северном полушарии, до сих пор мало изучены.

Влажные субтропики России – самый северный регион возможного промышленного возделывания цитрусовых культур, для которого характерна типичная климатическая сезонность с холодной дождливой зимой и жарким летом (Мосияш, 1967).

Фотосинтетическая активность растений чувствительна к стрессам, вызванными неблагоприятными температурами (Georgieva, 1999; Заремук и др., 2021). Физиолого-биохимические характеристики ассимилирующих органов, определяющих ростовые и репродуктивные процессы, чувствительны к изменениям окружающей среды и используются для ранней диагностики состояния растений (Карпова, Фершалова, 2016; Самарина и др., 2016; Белоус, Платонова, 2019; Кунина, Белоус, 2020). Параметры фотосинтетической

активности можно определять с использованием методов оценки индукционных изменений флуоресценции хлорофилла. Это обеспечивается наличием тесной взаимосвязи между интенсивностью флуоресценции хлорофилла и уровнем фотосинтетических реакций (Коба и др., 2017). С использованием метода хлорофилл-флуоресценция можно дать оценку жизнеспособности растений при наступлении стрессовых абиотических условий (Белоус и др., 2019).

Содержание хлорофиллов и каротиноидов – главных фоторецепторов клетки – характеризует степень адаптации растений к экологическим условиям (освещенности, температурному фактору и т.д.) и зависит от жизнедеятельности организма и его генетической природы (Карпова, Фершалова, 2016; Абиляфазова, 2017; Белоус, Платонова, 2019). Поэтому, они могут быть использованы как физиологический показатель, характеризующий онтогенетические, возрастные и генетические особенности растений (Гетко и др., 2019).

Фотосинтетические пигменты играют важную роль в процессе фотосинтеза, их количество отражает реакцию растительного организма на условия произрастания (Дымова, Головки, 2018). Сумма хлорофиллов в листьях является индикатором здоровья растений (Белоус, Платонова, 2019), отношение хлорофилла a/b – показатель теневыносливости растений, а отношение суммы хлорофиллов к каротиноидам – основной показатель физиологического состояния растений и индикатор стресса, т.к. содержание каротиноидов, как правило, увеличивается у растений, перенесших стресс.

Каротиноиды присутствуют в хлоропластах всех растений. Они являются нерастворимыми в воде пигментами, которые работают с хлорофиллами в процессе фотосинтеза. Каротиноиды также служат мощными антиоксидантами против фотоокисления, незаменимыми предшественниками для биосинтеза определенных гормонов, красителями цветков и реагирующими веществами для адаптации к окружающей среде (Cazzonelli, 2011; Иванов и др., 2013).

Фотосинтез для цитрусовых рассматривается как основной источник углерода и энергии для роста и развития растений. Известно, что оптимальная температура для фотосинтеза листьев у цитрусовых растений составляет 20-30 °С

во влажных условиях. Высокая температура может также ограничивать фотосинтез за счет закрытия устьиц в условиях фотодыхания. Важно учитывать взаимодействие между процессами фотосинтеза и дыхания, поскольку митохондриальный метаболизм участвует в рассеивании избыточных окислительно-восстановительных эквивалентов (например, НАДФ) из хлоропластов. Поскольку в стрессовых условиях, таких как высокая температура, может образовываться избыток восстановителей, предполагается, что повышенная дыхательная активность, является важным защитным механизмом метаболизма растений (Raghavendra, Padmasree, 2003).

Независимо от температурного режима самые высокие скорости фотосинтеза листьев связаны с более высокой устьичной проводимостью (Ribeiro, Machado, 2007). Устьица являются основными каналами, через которые происходит испарение воды и газообмен с окружающей средой, они тесно связаны с физиологической деятельностью растений, такой как фотосинтез, дыхание и транспирация (Кудоярова и др., 2007; Hong et al., 2018).

Количество устьиц варьирует в зависимости от вида, возраста листа, условий среды и составляет от 50 до 500 на 1 мм². В листьях устьица могут располагаться или на обеих сторонах, или только на нижней (Hirano, 1931; Costa et al., 2021; Кулян и др., 2022). Анатомо-морфологическая характеристика листьев растений широко используются для характеристики видов и сортов, классификации растений, считается одним из важных показателей в изучении происхождения и эволюции, а также является индикатором адаптивности растений к окружающей среде (Hetherington, Woodward 2003; Chater et al., 2017).

Маленькие устьица могут открываться и закрываться быстрее крупных, и их общая ассоциация с высокой плотностью обеспечивает возможность быстрого увеличения устьичной проводимости листа, максимизируя диффузию CO₂ в лист при благоприятных условиях для фотосинтеза. Таким образом, сочетание высокой плотности и малого размера устьиц, позволяет растению иметь повышенную адаптационную способность к изменениям окружающей среды (Hetherington, Woodward 2003; Кудоярова и др., 2007; Costa et al., 2021).

Изучение основных характеристик ассимиляционного аппарата, позволяет дать оценку адаптационной способности растений к стрессовым абиотическим факторам внешней среды.

1.5 Вредители citrusовых культур во влажных субтропиках России

Важнейшим условием сохранения генетического материала, получения стабильных урожаев, хорошего товарного качества плодов, наряду с высокой агротехникой, является устойчивость вида или сорта к основным вредителям и болезням (Загайный, 1951; Гуль и др., 2014; Айба и др., 2018). В связи с этим исследования сортовой и видовой устойчивости растений к биотическим факторам среды являются весьма актуальными и проводятся на различных сельскохозяйственных культурах в различных аспектах (Санин, 2019; Naegele et al., 2020). Ранняя диагностика вредителей растений помимо вышесказанного имеет важное значение для сокращения применения химических пестицидов, позволяющая производителям минимизировать затраты, что в свою очередь приводит к снижению загрязнения окружающей среды (Хомицкая, 2020; Khanramaki et al., 2021).

В настоящее время, во всем мире распространено большое количество вредителей citrusовых культур, причиняющих огромный экономический ущерб. На Черноморском побережье Кавказа выявлено около 50 видов вредителей citrusовых культур (Карпун, Проценко, 2017; Ayba et al, 2021). Наиболее часто встречаются 35 видов членистоногих вредителей citrusовых культур (31 вид насекомых и 4 вида клещей) (Фогель, Игнатова, 2003; Фогель, Игнатова, 2004; Игнатова, 2009; Игнатова, Карпун, 2013; Кулава, Карпун, 2017). В большинстве своем, вредители и болезни citrusовых попали в регион вместе с субтропическими культурами во время их интродукции на Черноморское побережье (Карпун, 2018). Наибольшим видовым разнообразием среди вредителей отличаются кокциды (щитовки, ложнощитовки и червецы). Большое количество видов отмечено на листьях (37 видов), плодах (30 видов),

одревесневших ветвях и стволах (23 вида), наименьшее — на цветках (4 вредителя и 1 возбудитель болезни) (Карпун, Проценко, 2017). Среди них наиболее вредоносными для теплицы являются красный и серебристый цитрусовый клещ, цитрусовая белокрылка, цитрусовая минирующая моль, голые слизни и улитки (Кулешов и др., 2022).

Серебристый цитрусовый клещ – *Phyllocoptruta oleivora* Ashmead. Монофаг цитрусовых культур. Повреждает листья, побеги и плоды. Впервые описан в 1879 г. во Флориде (Demard, Qureshi, 2020). Опасный вредитель, наносящий большой вред плодам. Кожура приобретает ржавый или серебристый цвет, утолщается и покрывается опробковевшей тканью (Фогель, 2004). Поврежденные плоды опадают или теряют товарный вид. Оптимальными условиями для развития серебристого клеща являются температура +30...+32 °С и высокая относительная влажность воздуха (Demard, Qureshi, 2020). В течение года может давать до 14 поколений в открытом грунте, а в закрытом грунте развивается круглогодично. Потери урожая могут достигать 30–60 % (Сулаймонов и др., 2020).

Красный цитрусовый клещ – *Panonychus citri* McGregor. Монофаг цитрусовых культур. Повреждает листья, побеги и плоды. Наибольший и заметный вред наблюдается на листьях, где появляется хлороз в виде мозаичных желтоватых или бледно-серых пятен. При сильном повреждении лист покрывается бронзовым налетом. Повреждения приводят к измельчению листа и уменьшению содержания в них хлорофилла, а также к снижению прироста и увеличению сброса завязи. При благоприятных условиях может развиваться круглогодично, давая до 10–15 поколений (Маматов и др., 2016). Наиболее активен на молодых побегах, особенно поздней весной и ранней осенью. Оптимальными условиями для его развития является температура в пределах +26...+28 °С и относительная влажность воздуха около 70 % (Айба и др., 2018).

Цитрусовая белокрылка – *Dialeurodes citri* Ashmead. Повреждает цитрусовые и некоторые другие субтропические культуры. Имаго откладывают яйца на нижнюю сторону листьев. Личинки высасывают соки из листьев, вызывая

их пожелтение и скручивание. Помимо прямого вреда растениям, наносит и косвенный вред, т.к. на выделениях белокрылок поселяется сажистый гриб (Saini et al., 2016; Айба и др., 2018; Сулаймонов и др., 2020). В условиях влажных субтропиков России за год может давать до 3-4 поколений (Айба и др., 2018; Узокова, 2023).

Цитрусовая минирующая моль – *Phyllocnistis citrella* Stainton. Повреждает листья цитрусовых, эвкалиптов, ивы, жасмина (Айба и др., 2018). Отродившаяся гусеница вгрызается в лист и выедает его паренхиму, образуя прозрачные мины. Молодой лист, продолжая рост, скручивается. Наибольшую опасность представляет для молодых растений (Ahmed et al., 2013). Во влажных субтропиках России дает 4 поколения в год и основным лимитирующим фактором ее размножения служит среднесуточная температура воздуха +12...+16 °С (Фогель, Игнатова, 2003).

Голые слизни и улитки. Во влажных субтропиках Черноморского побережья цитрусовым культурам наносят повреждения *Deroceras agreste* L. (полевой, или пашенный слизень) и *Parmacella ibera* Eichwald (кавказская пармацелла). Видовая принадлежность улиток не определялась. Обьедают листья, молодые побеги и плоды. Активны ночью, а днем прячутся под контейнерами и бортиками горшков, под комьями почвы, под пленкой и в трещинах стеллажей. Летом переходят в период покоя, который может продолжаться от нескольких дней до месяцев (Айба и др., 2018).

Помимо перечисленных выше наиболее доминирующих вредителей в неконтролируемых условиях теплицы влажных субтропиков России встречаются желтая померанцевая щитовка (*Aonidiella citrina* Craw), мягкая ложнощитовка (*Coccus hesperidum* L.), австралийский желобчатый червец (*Icerya purchase*), совка – гамма (*Autographa gamma* L.) и др.

1.6 Биохимические компоненты плодов цитрусовых

Вкусовые качества и питательную ценность плодов определяет химический состав. Мякоть плодов состоит в большей степени из воды (80–90 %) и сухих

веществ (10–20 %), которые, в свою очередь, подразделяются на растворимые вещества (сахара, кислоты, витамины, пектины, дубильные и красящие вещества, эфирные масла) и нерастворимые (целлюлоза, протопектины, крахмал, минеральные вещества и др.).

Продукция из цитрусовых плодов пользуется большим спросом во всем мире для употребления в свежем виде, соков, сублимированных концентратов, джемов и мармеладов, а также в качестве пищевой добавки к блюдам и напиткам (Rodrigo et al., 2013; Кулешов, Белоус, 2020). О большой пользе плодов цитрусовых на здоровье человека известно с древних времен. В Древней Персии использовали целебные свойства кислого апельсина, сок которого входил во многие рецепты великого персидского ученого, философа и врача Абу-Али ибн Сины (980-1037 гг.), известного больше под именем Авиценна. В спелой коже кислого апельсина содержится от 2,4 до 2,8 %, а в зеленой коже до 14 % неогесперидина дигидрохалкона, который в 20 раз слаще сахарина и в 200 раз слаще цикламата (Morton, 1987).

Биохимический состав плодов определяется в первую очередь генетической особенностью вида, но в тоже время зависит от гидротермических условий места произрастания, агротехнических мероприятий и условий хранения плодов (Дорошенко и др., 2020; 2022). Плоды цитрусовых имеют высокое содержание фенольных соединений, органических кислот, сахаров, разнообразных витаминов, эфирных масел, микроэлементов и пищевых волокон (Kelebek, Selli, 2011).

Содержание растворимых сухих веществ в плодах отвечает за их пищевую ценность, вкусовые качества, а также увеличивает сроки хранения плодов, т. е. технологические достоинства (Айба и др., 2021).

В оценке вкусовых качеств плодов важнейшую роль играют органические кислоты. Органические кислоты – это большая и разнообразная группа биологически активных соединений, которая содержится в большинстве растений. В настоящее время в плодах цитрусовых обнаружено до 18 органических кислот. Более ранние исследователи указывали на то, что органические кислоты в цитрусовых соках состоят из лимонной, яблочной,

янтарной, винной, при этом лимонная кислота является преобладающим компонентом (Покровский, 2005; Ogundele, Bolade, 2021). Было установлено, что по мере увеличения степени созревания плодов у большинства видов цитрусовых наблюдается тенденция к снижению общей кислотности, лишь только в плодах лимона наблюдается обратная динамика – увеличение общей кислотности по мере созревания плодов (Ogundele, Bolade, 2021). Также было замечено, что уменьшение органических кислот во время созревания плодов цитрусовых обычно приводит к синтезу многих вкусовых и ароматических соединений в качестве метаболитов (Barkley et al., 2006). Плоды цитрусовых богаты сахарозой, глюкозой и фруктозой, гармоничный вкус плодам придает соотношение содержания сахара/кислоты, минимальное соотношение которых установлен в стандарте ЕЭК ООН для мандарина и апельсин как 6,5/1 (Стандарт, 2017).

Цитрусовые культуры являются одним из основных источников аскорбиновой кислоты (витамина С) и вносят значительный вклад в питание и здоровье человека связан (De Ancos et al., 2017). Являясь мощным антиоксидантом, она предохраняет организм от бактерий и вирусов и, тем самым, оказывает противовоспалительное и противоаллергическое действие, укрепляет иммунитет и усиливает действие других антиоксидантов (Mditshwa A. et al., 2017; Тимофейчук и др., 2020; Абилюфазова, 2022). Наибольшее содержание аскорбиновой кислоты отмечено в плодах апельсина, лимона и грейпфрута, установлено, что в плодах апельсина содержание аскорбиновой кислоты находится в пределах 55–66 мг%, затем следует лимон (52–60 мг%), грейпфрут (38–41 мг%) и мандарин (25–40 мг%) (Tareen H. et al., 2015; Тимофейчук, 2021).

Показателями, влияющими на вкусовые качества плодов, являются сахара. Исследования показали, что фруктоза, сахароза и глюкоза являются основными сахарами в спелых цитрусовых, но их соотношение различается у разных таксонов (Zhang, Ritenour, 2016).

Фенольные соединения, включая фенольные кислоты, флавоноиды и гидролизуемые дубильные вещества, содержащиеся в цитрусовых, привлекли большое внимание из-за их высокой антиоксидантной активности и способности

нейтрализовать свободные радикалы, которые оказывают негативное влияние на здоровье человека (Kim, 2013). В целом, фенольные соединения считаются вторичными метаболитами и отвечают за такие функции, как пигментация и устойчивость к патогенам и вредителям, они обладают фитоалексиновыми и вяжущими свойствами (Jeandet, 2015).

Флавоноиды – это группа пигментов, которые находятся только в растениях, и отвечают за окраску плодов. Как известно, флавоноиды обладают сильнейшими антиоксидантными свойствами (Потапович, Костюк, 2003; Платонова, Белоус, 2020). Из всех представителей рода *Citrus*, самое высокое содержание флавоноидов отмечено в плодах *C. reticulata* (мандарин), за ним следует *C. sinensis* (апельсин) и *C. paradisi* (грейпфрут), а в плодах *C. limon* (лимон) флавоноиды отсутствуют (Abobatta, 2019).

Характерной особенностью плодов является наличие мелких железок, в которых образуются эфирные масла, обуславливающие специфический аромат (Сааков, 1983). Эфирные масла цитрусовых широко используются для получения натуральных духов, а также в качестве ароматизирующих ингредиентов в пищевых, фармацевтических и косметических продуктах (González-Mas et al., 2019). Летучие и полунлетучие соединения составляют 85–99 % от всей масляной фракции, которые представлены обычно более чем 200 соединениями (Sarrou et al., 2013). Наиболее распространенными соединениями, получаемые из кожуры цитрусовых, являются лимонен, углеводородный монотерпен, концентрация которых обычно составляет около 60–95 % от всего масла (Tranchida et al., 2012; Dugo, Bonaccorsi, 2013)

Среди цитрусовых культур, одно из наиболее ценных эфирных масел находится в плодах *C. bergamia* (бергамот), которое имеет интенсивный аромат и свежесть. Эфирное масло бергамота является одним из основных базовых компонентов для изготовления парфюмерных изделий, благодаря своей способности фиксировать букет ароматов и гармонизировать эссенции. Оно состоит как из летучей (93–96 % от общего количества), так и из нелетучей (4–7 % от общего количества) фракции (Dugo, Bonaccorsi, 2013; Navarra et al., 2015).

Большое количество компонентов в плодах цитрусовых, делает их одними из самых ценных плодовых культур для различных отраслей промышленного производства и способствует распространению как в естественных, так и не типичных условиях выращивания.

1.7 Генетические исследования цитрусовых культур с использованием молекулярных маркеров

Подсемейство Померанцевых в результате длительной эволюции, характеризуется большим полиморфизмом (Глазырин, 1967; Капанадзе, 1967; Керкадзе, 1975; Samarina et al., 2021), основанным на мутационной и гибридной изменчивости, полиэмбрионии, а также спонтанной гибридизации. Описание новых таксонов осложняется тем, что они являются гибридами двух или нескольких видов.

Определение таксономического статуса того или иного коллекционного образца, установление филогенетического родства и происхождения, в основном, проводится по морфологическим признакам (листовой пластинки, цветка, плода). В дополнение к традиционной морфологической идентификации, химические характеристики плодов цитрусовых, такие как ферменты, жирные кислоты, профиль углеводов, структура флавоноидов и состав каротиноидов, использовали для изучения видов цитрусовых (Esen, Scora, 1977).

Происхождение многих видов цитрусовых не установлено, в частности *C. × aurantifolia*, *C. × bergamia*, *C. × meyeri*, *C. × limetta*, *C. × limonelloides* до сих пор остается спорным вопросом. На современном этапе применяются генетические методы с использованием разных ДНК маркеров. Так, результаты генетического анализа показали принадлежность *C. × meyeri* к группе *Citrus limon* (сложные гибриды) (Gulsen, 2001), *C. × aurantifolia* к группе *Papeda* (Li et al., 2010), а *C. × limetta* тесно связана с *C. medica* (цитрон) (Perez et al., 2010).

За последние два десятилетия использование молекулярных маркеров для исследований генов, генетического разнообразия, молекулярной генетики,

молекулярной селекции и популяционной генетики вышли на новый уровень. В связи с быстрым развитием молекулярной генетики появилось множество различных методов изучения полиморфизма ДНК с целью отбора перспективных исходных форм для улучшения сортов путем селекции, а также используются для выделения лучших гибридов на ранних этапах развития (Biswas et al., 2010). Молекулярные маркеры могут различаться в зависимости от характеристик, таких как геномная распространенность, уровень обнаруженного полиморфизма, воспроизводимость, специфичность локуса (Хлесткина, 2013; Spooner, 2005).

В последние годы за рубежом разработаны молекулярные инструменты характеристики гермоплазмы плодовых культур, которые, в основном, базируются на полиморфизме RAPD (Lamine, Mliki, 2015), микросателлитов (SSR) (Golein et al., 2012), сиквенсов ITS (Morton, 2009) SRAP-, IRAP-, REMAP- полиморфизмах (Guo et al., 2006; Pinar et al., 2017), старт-кодон целевых маркерах (SCoT) (Mahjbi et al., 2015; Guan et al., 2020) или маркерах цитоплазматической ДНК (orgDNA) (Shimizu et al., 2016).

Среди различных типов ДНК-маркеров, кодоминантные ядерные микросателлиты (ncSSRs) имеют ряд преимуществ для оценки различий на уровне вида и популяции, таких как локус-специфичность, высокая воспроизводимость, высокая степень полиморфизма, техническая простота (Kalia et al., 2011). Однако недостатком этого типа маркеров может являться гомоплазия, из-за чего генетические различия в коллекциях могут быть недооценены (Barkley et al., 2006). Кроме того, многие субтропические культуры характеризуются сложным кариотипом, присутствием полиплоидов, поэтому сочетание различных молекулярных маркеров могут быть более эффективным подходом, чем использование одного класса маркеров. Наиболее действенным типом мультилокусных маркеров, основанных на полиморфизме между SSR-регионами генома, является ISSR. Преимущества этих маркеров – высокая степень воспроизводимости и высокая степень полиморфизма (Reddy et al., 2002), что позволяет эффективно выявлять различия между близкородственными генотипами. Однако связь с признаками по таким маркерам установить сложно.

Сравнительно недавно разработанные мультилокусные маркеры типа SCoT, которые попадая в кодирующие участки генома позволяют выявить связь маркер/признак (Collard, Mackill, 2009).

В случаях, когда полногеномное секвенирование недоступно, и референсные полногеномные сиквенсы для многих культур все еще отсутствуют из-за больших размеров их геномов и высокой степени гетерозиготности, сочетание различных типов молекулярных маркеров и их апробация, может помочь охарактеризовать коллекцию и прояснить происхождение важных генотипов в ней.

Использование молекулярных маркетов в генетических разработках позволяет проводить фундаментальные исследования, направленные на изучение эволюции геномов объектов, а также совершенствовать стратегии и разрабатывать новые селекционные программы.

2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Объекты исследований

Объектами исследований являлись 11 редких видов цитрусовых, 1 сорт *C. aurantifolia* и 1 разновидность *C. medica* разного эколого-географического происхождения, для которых впервые дана комплексная оценка в условиях влажных субтропиков России.

Названия видов и сортов приводятся согласно ботаническому номенклатурному справочнику мирового разнообразия видов растений Королевских ботанических садов Кью (The Plant List, 2022). Ниже приводим описание объектов исследования.

***Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle** (рисунок 2) (лайм кислый, настоящий, мексиканский лайм), в коллекции ФИЦ СНЦ РАН с 2000 года. Вид родом из Индии. Произрастает в жарких субтропических или тропических регионах, таких как Южная Флорида, Индия, Мексика, Египет и Вест-Индия. Растение культивируют во многих странах мира.



Рисунок 2 – Лайм кислый (*Citrus aurantifolia*)

Растение лайма – это небольшое кустарниковое вечнозеленое дерево, достигающее высоты до 5 м, с прямыми и неравномерными ветвями, на которых

расположены короткие и жесткие колючки. Растение обладает ремонтантностью, т.е. при благоприятных условиях способно цвести и плодоносить круглый год. Листья очередные, от эллиптической до овальной формы, тонкие, зеленые. Черешок короткий без окаймления. Цветки одиночные, мелкие с антоциановой окраской.

Плоды мелкие (30–45 г), форма округлая или яйцевидная. Кожура тонкая, ароматная, от зеленого до желтого цвета. Мякоть желто-зеленого цвета, очень сочная, кислая. Семена мелкие, яйцевидные, с белыми семядолями. Количество семян колеблется от 2 до 8 штук.

Citrus aurantifolia 'Foro' (лайм кислый, сорт 'Форо') (рисунок 3), в коллекции ФИЦ СНЦ РАН с 2000 года. Сорт родом из Индии.



Рисунок 3 – Лайм кислый, сорт 'Форо' (*Citrus aurantifolia* 'Foro')

Растение низкорослое (1,5–3,0 м), с тонкими побегами. В пазухах листьев расположены короткие колючки. Листовая пластинка тонкая, овальная. Черешок короткий без окаймления. Растение ремонтантное, цветки мелкие, с антоциановой окраской.

Плоды мелкие (40–50 г), имеют оранжевую кожуру, хорошо отделяющуюся от мякоти. Мякоть светло-оранжевая, сочная, кислая. Семена мелкие, овальные, гладкие. Количество семян в плоде колеблется от 2 до 8 штук.

Citrus × latifolia (Yu. Tanaka) Yu. Tanaka = *Citrus × aurantiifolia* var. *latifolia* Yu. Tanaka (персидский лайм, Tahiti лайм) (рисунок 4). Произрастает в Мексике, США (Флорида), Египте, Индии, Перу и Бразилии, является одним из самых скороспелых и широко возделываемых сортов. В коллекции ФИЦ СЦ РАН с 2015 года.



Рисунок 4 – Лайм персидский, сорт ‘Таити’ (*Citrus × latifolia*)

Растение сильнорослое, достигающее в высоту 4,5–6,0 м, практически без колючек, с густой компактной кроной. Листовая пластинка средняя, плотная, темно-зеленая, ланцетная, черешок короткий, без окаймления. Цветки белые, ароматные, собраны в небольшое соцветие, или одиночные.

Плоды среднего размера (90–115 г), округлой формы. Кожура ярко-зеленого цвета, при созревании – бледно-желтая. Мякоть зеленоватого цвета, кислая и очень сочная. Семена отсутствуют.

Citrus ichangensis Swingle = *Citrus cavaleriei* H. Lev. ex Cavalerie (рисунок 5) (лимон ичангский, папеда Ichang), в коллекции ФИЦ СЦ РАН с 2000 года. Дикорастущее и эндемичное растение, произрастающее в диких и естественных популяциях на юго-западе Китая (Zhang et al., 2020).



Рисунок 5 – Лимон ичангский (*Citrus ichangensis*)

Это вечнозеленый кустарник с колючими ветвями. Листья зеленого цвета, широко-ланцетные с заостренной верхушкой. На черешках листьев расположены большие крылатки, которые могут достигать или превышать размеры листовой пластинки. Цветки белые, одиночные, колокольчиковидные.

Плоды небольшого размера (40–50 г), округлые, ароматные, с толстой, оранжевой, бугристой кожурой. Мякоть имеет ржавый цвет, кислая с горечью, небольшим количеством сока. Семена однозародышевые с белыми семядолями, иногда недоразвитые. Количество семян – 6–10 штук. Является одним из самых выносливых видов рода *Citrus*, устойчив к низким отрицательным температурам (до минус 16 °C).

***Citrus × bergamia* Risso & Poit.** (бергамот) (рисунок 6). Бергамот выращивается в Италии (Калабрия) (более 90 % мирового производства), а также в небольшом количестве в Греции, Марокко, Иране, Кот-д'Ивуаре, Аргентине и Бразилии (Dugo, 2013).

Ботаническое и географическое происхождение этого растения до сих пор не выяснены. Последние исследования показали, что *Citrus × bergamia* определяется как гибрид *C. aurantium* и *C. limon* или мутация последнего (Navarra et al., 2015).



Рисунок 6 – Бергамот (*Citrus × bergamia*)

Дерево, достигающее высоты 2–3 м с очень тонкими неправильными ветвям, на которых в зависимости от сорта, могут быть колючки. Молодой прирост имеет слабый пурпурный цвет. Листья крупные, яйцевидно-продолговатые или ланцетные, зеленые, плотные с сильным пряным ароматом, верхушка чаще всего заостренная. Черешок короткий. Цветки верхушечные, собраны в соцветия, с нижней стороны лепестков имеют антоциановую окраску, очень ароматные.

Плоды среднего размера (85–125 г), округло-овальной или грушевидной формы со слабо выраженным соском и коротким столбиком. Кожура толстая с многочисленными железками, гладкая или слегка шероховатая, бледно-желтого цвета, душистая. Мякоть зеленовато-желтая, кислая, со слабой горечью. Семена бледно-желтые, обычно моноэмбриональные, с белыми семядолями. Количество семян колеблется от 6 до 15 штук.

Citrus × limetta Risso ‘Chontipico’ (сладкий лимон, или сладкий лайм, сорт ‘Чонтипико’). Выращивается в Мексике, Южной и Юго-Восточной Азии, Средиземноморском бассейне. В коллекции ФИЦ СНЦ РАН с 2000 года.

Среднерослое растение, достигающие в высоту 2,5–3,5 м, на ветвях присутствую небольшие колючки. Листья крупные, темно-зеленые, с заостренной верхушкой, края слегка зубчатые. Черешок короткий, без окаймления. Цветки белые, крупные, с приятным ароматом, одиночные или собраны в небольшие соцветия (рисунок 7).



Рисунок 7 – *Citrus × limetta* ‘Chontipico’

Плоды среднего размера (80–160 г), округлой или сферической формы, слегка приплюснуты. На верхушке плода имеется небольшой сосок с глубоким желобом, но иногда они могут отсутствовать. Кожура средней толщины (3-5 мм), желтого цвета, плотная, гладкая иногда шероховатая. Мякоть бледно-желтого цвета, сладкая, почти лишенная кислоты, со специфическим ароматом. Семена гладкие, бежевого цвета, овальные с белыми семядолями. Количество семян варьирует от 1 до 3 штук.

Citrus × limon ‘Del Brasil’ (лимон, сорт ‘Дель Бразил’) (рисунок 8) – спонтанно возникший в Бразилии гибрид *C. limon* и *C. maxima*. В коллекции ФИЦ СНЦ РАН с 2000 г.



Рисунок 8 – *Citrus × limon* ‘Del Brasil’

Сильнорослое растение высотой 3–4 м с укороченными побегами с мелкими колючками. Молодой прирост имеет пурпурную окраску. Листья крупные, темно-зеленые, округлые с выемкой на верхушке. Края листьев городчатые, черешок листа короткий. Цветки собраны в соцветия, крупные, с антоциановой окраской, лепестки сильно изогнуты.

Плоды крупные (100–250 г), округлой или сферической формы. На верхушке плода имеется тупой сосок с глубоким желобом. Кожура толстая, гладкая или слегка шероховатая, желтого цвета с характерным запахом лимона. Мякоть бледно-желтого цвета, кислая, недостаточно сочная. Семена гладкие или ребристые, бежевого цвета с белыми семядолями. Количество семян колеблется от 5 до 20 штук.

Citrus × limonelloides Hayata (рисунок 9) (лимон кантонский). Широко культивируется на юге Китая, в Восточной Индии и Юго-Восточной Азии. В США используется как декоративное или горшечное растение, а в Южной Америке – главным образом в качестве цитрусового подвоя. В коллекции ФИЦ СНЦ РАН с 2000 года.



Рисунок 9 – Лимон кантонский (*Citrus × limonelloides*)

Небольшое, компактное дерево высотой до 2,5 м с тонкими ветвями, на которых расположены мелкие колючки. Молодой прирост имеет слегка

пурпурную окраску. Листья средние или мелкие, темно-зеленные, овальной формы с острой или округлой верхушкой. Черешок длинный, крылья отсутствуют. Цветки одиночные, мелкие со слабой антоциановой окраской.

Плоды мелкие (40–55 г), округлой не выровненной формы с небольшим соском. Кожура тонкая, шероховатая, оранжево-красного или оранжевого цвета. Мякоть оранжевого цвета, сочная и кислая. Семена бледно-зеленого цвета, овальной формы с заостренной верхушкой и белыми семядолями. Количество семян варьирует от 3 до 10 штук.

***Citrus maxima* (Burm.) Merr. ‘Sambokan’** (рисунок 10) (помпельмус, сорт ‘Самбокан’). Старый сорт японского происхождения. В коллекции ФИЦ СНЦ РАН с 1998 года.



Рисунок 10 – *Citrus maxima* ‘Sambokan’

Среднерослое дерево, достигающее до 3 м высоты. На основных побегах имеются небольшие колючки. Листья крупные, плотные, темно-зеленные, овальные или яйцевидные, с заостренной верхушкой и городчатыми краями. Черешки длинные с широкими крылатками сердцевидной формы. Цветки крупные, белые, одиночные или собраны в небольшое соцветие.

Плоды крупные (160–320 г), грушевидной формы с длиной шейкой. Верхушка плода плоская или слегка вогнутая. Кожура толстая, плотная, гладкая, светло-зеленого, при полной зрелости приобретает ярко-желтый цвет. Мякоть бледно-желтого цвета, сочная, сладковатого вкуса с небольшой кислинкой. Семена крупные, бежевого цвета, гладкие, удлинено-овальной формы со светло-зелеными семядолями. Количество семян колеблется от 12 до 30 штук.

Citrus medica L. (рисунок 11) (цитрон, цедрат). Растение родом из Азии. Является одним из четырех предковых видов цитрусовых. Именно он считается первым цитрусовым растением, попавшим в Европу, а именно в Грецию (в III в. до н.э.). Встречается в диком виде в Индии. Выращивается в Италии, Греции и Франции.



Рисунок 11 – Цитрон (*Citrus medica*)

Небольшое дерево или кустарник, достигающий 3 м высоты с укороченными и тонкими побегами, на которых расположены небольшие колючки. Молодой прирост имеет слегка пурпурный цвет. Листья среднего размера, яйцевидно-ланцетные, тонкие, светло-зеленые, с короткими бескрылыми черешками. Верхушка листа заостренная, края слегка зубчатые. Цветки среднего размера, ароматные, с антоциановой окраской, собраны в небольшие соцветия.

Плоды крупные (до 200 г), округлой формы, верхушка округлая с небольшим соском. Кожура толстая (до 20 мм), ребристая, темно-желтого цвета с приятным ароматом. Мякоть бледно-желтого цвета, кислая, не очень сочная. Семена крупные, темно-бежевого цвета, овальные с белыми семядолями. Количество семян варьирует от 8 до 12 штук.

***C. medica* var. *sacrodactylus* (Siebold ex Hoola van Nooten) Sw.** (рисунок 12) (цитрон ‘Рука Будды’). Необычная разновидность цитрона, которая в основном распространена в южных провинциях Китая. Используется в традиционной китайской медицине, в декоративном садоводстве и кондитерской промышленности.



Рисунок 12 – *C. medica* var. *sacrodactylus*

Небольшое дерево или кустарник до 3 м высоты с прямостоячими побегами, с небольшими колючками в междоузлиях. Листья среднего размера, овальной формы с округлой верхушкой и слегка зубчатыми краями, светло-зеленого цвета. Листья расположены на коротких бескрылых черешках. Цветки одиночные или собраны в небольшое соцветие, белые и ароматные.

Плоды крупные (120–160 г) с необычной формой, напоминающие пальцы человека, которые разделены на пять и более пальцеобразных сегментов. Плод

состоит только из альbedo и флаведо, мякоть полностью отсутствует. Кожура желтого цвета, очень ароматная.

Citrus × meyeri Yu. Tanaka (рисунок 13) (лимон Мейер) Происходит из Китая. Обладает высокой урожайностью, ремонтантностью, поэтому имеет экономическое значение во многих странах мира. В коллекции ФИЦ СЦ РАН с 2000 г.



Рисунок 13 – Лимон Мейер (*Citrus × meyeri*)

Деревья невысокие до 2–3 м, с густой и раскидистой кроной, на ветвях расположены немногочисленные короткие колючки, особенно на жировых побегах. Листья могут быть различной формы и размера, с зубчатыми краями. Черешки средней длины, слегка окаймленные. Растение ремонтантное. Цветки крупные с антоциановой окраской, собраны в соцветия.

Плоды среднего размера (90–130 г), овальной, широкоовальной и округлой формы, иногда с неявно выраженным соском и с различной величиной шейки. Кожура тонкая, гладкая, оранжево-желтая со слабым ароматом. Мякоть желто-оранжевая, в отличие от других сортов лимона, имеют менее кислый вкус и более высокое содержание сока. Семена бежевого цвета, овальной или округлой формы с заостренной вершиной, количество колеблется от 1 до 18 штук.

Citrus × myrtifolia (Ker Gawl.) Raf. (рисунок 14) (миртолистный апельсин или миртолистная бигарадия) родом из Китая. Выращивается во Франции, Италии, Сицилии, где плоды используются в кондитерской промышленности. Широко используется в качестве подвоя, в декоративном садоводстве.



Рисунок 14 – *Citrus × myrtifolia*

Небольшое дерево, достигающее высоты 3 м, характеризуется медленным ростом. Побеги обладают укороченными междоузлиями без колючек, в результате чего растение имеет компактную и плотную крону.

Листья мелкие, плотные, темно-зеленого цвета, ланцетно-заостренной формы. Черешки короткие, иногда имеют крылатки. Цветки среднего размера, белые, одиночные.

Плоды мелкие (35–55 г), округлой формы, верхушка слегка сплюснута. Кожура средней толщины (3,0–3,5 мм), от оранжевого до темно-оранжевого цвета, с шероховатой поверхностью и специфическим ароматом. Мякоть светло-оранжевого цвета, ароматная, кислая с небольшой горечью. Семена бежевого цвета, овальной или округлой формы с заостренной вершиной. Количество семян колеблется от 1 до 12 штук.

2.2 Условия проведения исследований

Многие виды и сорта цитрусовых требовательны к теплу и чувствительны к отрицательным и низким положительным температурам. Поэтому их выращивают в защищённом грунте, однако в субтропиках России теплолюбивые цитрусовые виды и сорта могут выращивать в культивационных сооружениях с неконтролируемыми условиями. Что послужило поводом для изучения редких плодовых культур из рода *Citrus*.

Исследования проведены в 2020–2022 гг. во влажных субтропиках России на базе биоресурсной коллекции цитрусовых ФИЦ СНЦ РАН (г. Сочи) в теплице с неконтролируемыми условиями. Растения привиты на подвой *C. trifoliata* в 2015 году. В опыте 13 вариантов (растение – вариант), повторность – трехкратная.

Влажные субтропики России – самый северный регион возможного промышленного возделывания цитрусовых культур, для которого характерна типичная климатическая сезонность с холодной дождливой зимой и жарким летом. Черное море для региона является своеобразным «аккумулятором тепла» и существенно влияет на климат. Среднегодовая температура воздуха региона составляет 14,6 °С, высокая относительная влажность воздуха 73 %, годовое количество осадков 1 534 мм. Сумма активных температур выше 10 °С составляет 4 500°.

Экстремальные для цитрусовых зимы повторяются примерно раз в 10 лет. Негативное воздействие экстремальных зим проявляется, прежде всего, в понижении температуры воздуха до – 6 ...–10 °С и ниже, а также в осадках в виде мокрого снега высотой от 27 см (Рындин, Горшков, 2008). Продолжительность волн холода редко превышает 3–4 дня, но в холодные зимы длительность морозного периода больше.

Лето характеризуется устойчивой, ясной, жаркой погодой. Среднемесячные температуры самых жарких месяцев (июль–август) составляют соответственно +23,7 °С и +24,3 °С. Абсолютный максимум температуры воздуха в 2000 году был равен +39,4 °С (Погода и климат, 2022).

Растения находятся в с. Раздольное Хостинского р-на г. Сочи, содержатся в неконтролируемых условиях. Географические координаты места произрастания: 43°60' северной широты и 39°76' восточной долготы. Все растения высажены в контейнеры объемом 15 литров, размещены на расстоянии 0,5 м друг от друга. Почвогрунт представлен суглинистой почвой с добавлением торфосмеси. По результатам агрохимического анализа, почвогрунт характеризовался: рН = 6,77, содержание гумуса находилось в пределах 6–7 %, содержание поглощенных оснований (Са + Mg) составило 35 мг-экв. /100.

За годы исследований использовались следующие агротехнические мероприятия: полив в течение года, в летне-осенний период дополнительно с поливом осуществляется проветривание, опрыскивание и притенение растений сеткой плотностью 15. Благодаря этим мероприятиям, создавались благоприятные условия для роста и развития растений (рисунок 15).

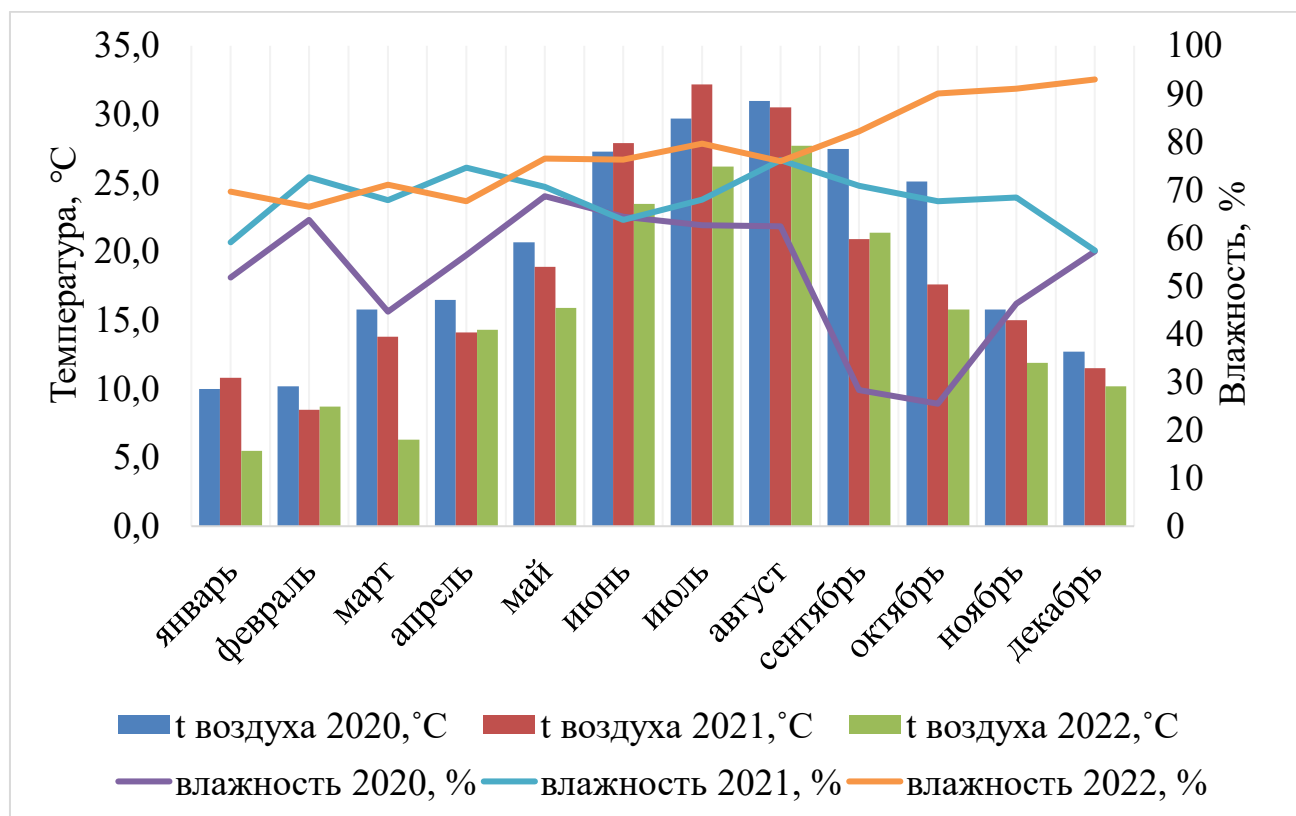


Рисунок 15 – Температура и влажность воздуха (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

Гидротермические условия летне-осеннего периода 2020 года сопровождались высокими температурами (в пределах от +33 до +44 °С) и низкой влажностью воздуха, которая в среднем не превышала 55 %, а в некоторые дни не поднималась выше 18 %.

Условия 2021 года характеризовались теплым летом и прохладной осенью с влажностью воздуха, не опускавшейся ниже 67 %.

Условия 2022 года характеризовались низкими температурами в зимне-весенний период (в марте среднесуточная температура находилась на уровне 6,3 °С) и высокой влажностью в течение вегетационного периода, особенно в осенний период.

Зимние условия являются наиболее критическими для citrusовых культур. В целом наблюдались благоприятные условия для перезимовки растений. Среднемесячная температура воздуха составляла в декабре +11,5 °С, в январе +8,8 °С, в феврале +9,1 °С. Влажность воздуха находилась в пределах от 57 до 93 %. Наиболее прохладная зима наблюдалась в 2022 году, особенно в январе, когда температура опускалась до низких положительных (+ 1...+3 °С), а в некоторые дни до непродолжительных отрицательных значений (-0,5 °С).

Поддерживаемые условия являются оптимальными для citrusовых культур, их контроль проводился постоянно, учитывались температура и влажность воздуха, проводилась подкормка растений согласно агроправилам и регулярный мониторинг вредителей в теплице.

2.3 Методы исследований

Исследования проведены согласно общепринятым программам и методикам сортоизучения (Витковский, Петрова, 1989; Программа и методика..., 1999).

Температуру и влажность воздуха контролировали с использованием автономного прибора (логгер для измерения температуры и влажности, модель TR – 2V). Биометрические параметры – по общепринятым методикам (Зайцев, 1973; Киселева, 2017). Содержание фотосинтетических пигментов (хлорофилл а,

b, сумма каротиноидов) в экстракте зеленых листьев методом А.А. Шлыка (1971). Анатомо-морфологические особенности изучали с использованием общепринятых методик световой микроскопии (Патрушева, 1988). Работа со световым микроскопом в лаборатории физиологии и биохимии растений ФИЦ СЦ РАН на моторизованном микроскопе Zeiss серии Axio Imager. M2, оснащенном камерой и пакетом программ визуализации Axio Vision 4.7.2c.

Наличие фитофагов устанавливалось визуально (у каждого таксона осматривались по 3-5 растений) или с использованием лупы 10х. Идентификация видов проводилась по определителям. Интенсивность повреждений учитывалась по 5-бальной шкале:

0 – нет повреждений;

1 балл – повреждено 5–25 % листовой поверхности;

2 балла – повреждено 26–50 % листовой поверхности;

3 балла – повреждено 51–75 % листовой поверхности;

4 балла – повреждено 76–100 % листовой поверхности (Пикушова, Веретельник, 2009).

Лабораторные исследования биохимических показателей проводили по достижении потребительской зрелости плодов редких видов и сортов. Повторность лабораторных анализов – трехкратная. Выход сока рассчитывали в процентах, учитывая массу плодов до их прессования и после отжима. Количественное содержание сахаров, органических кислот и витамина С в плодах проведено с использованием капиллярного электрофореза «Капель – 105М» (ООО «Люмэкс-маркетинг», 2012; Якуба, Марковский, 2015).

Дегустационную оценку проводили сотрудники лаборатории отдела генетических ресурсов растений ФИЦ СЦ РАН. Оценивались величина, форма, окраска, аромат плодов, а также их вкусовые качества по 5-ти бальной шкале.

Статистическая обработка данных проводилась по Б.А. Доспехову (1985) и рекомендациям (Рязанова и др., 2013) с использованием пакетов программ MS Excel и Statistica-6.0.

Генетический анализ. Свежие образцы листьев цитрусовых растирали в жидком азоте. Выделение ДНК – методом ЦТАБ с модификациями (Doyle, Doyle, 1990). Проверка качества ДНК – методом электрофореза в 1 % агарозном геле; концентрация ДНК – спектрофотометрическим методом. Все образцы разводили до 20 ng μL^{-1} и хранили при -20 °С. Генотипирование проводили методом классической ПЦР с применением капиллярного электрофореза. Основные наборы маркеров: ISSR (Mondal, 2002) и SCoT (Reddy et al., 2002).

Реакционная смесь SCoT и ISSR для ПЦР состояла из 10 мкл 2х реакционного буфера HS-TaqPCR (Биолабмикс, Новосибирск, Россия), содержащего Taq-полимеразу Hot Start, 0,4 мкл праймера (10 мкМ), 2 мкл ДНК (20 ng μL^{-1}) и вода, обработанная DEPC, в общем объеме ПЦР 15 мкл. Амплификацию проводили в термоциклере MiniAmp (Thermo Fisher Scientific, Массачусетс, США). Программа амплификации для SCoT-анализа: первичная денатурация 5 мин при 95 °С, отжиг 35 циклов, денатурация при 95 °С в течение 1 мин, отжиг при 52 °С в течение 1 мин, элонгация при 72 °С в течение 2 мин и окончательная элонгация при 72 °С в течение 5 мин. Разделение SCoT-фрагментов проводили на 2 % агарозном геле в течение 2,5 часов при 90 В в 1×TAE-буфере.

Программа амплификации для ISSR-анализа: первичная денатурация 5 мин. при 95 °С, отжиг 40 циклов по 20 сек. при 53 °С элонгация при 72 °С в течение 1 мин. 45 сек. и финальная элонгация при 72 °С в течение 7 мин.

Обработку данных проводили при помощи пакета программы Excel. Был выполнен анализ основных координат (PCoA) на основе набора данных матрицы расстояний в GeneAlex ver. 6.5 (Peakall, Smouse, 2012). Параметры эффективности мультилокусных маркеров анализировали в программе IMEC (Amiryousefi et al., 2018). Оценивали следующие параметры: Na – общее количество полос; P – процент полиморфных полос; PIC – информативность полиморфизма, D – дискриминирующая способность; H – генетическое разнообразие; R – разрешающая способность.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Биологические особенности редких плодовых культур из рода *Citrus* в неконтролируемых условиях влажных субтропиков России

3.1.1 Особенности прохождения фенологических фаз в годичном цикле развития редких цитрусовых культур

В течение периода вегетации, каждое растение проходит ряд определенных жизненных процессов, которые получили название фенологических фаз (фенофаза) роста и развития. Протекание фенологических фаз проходит в определенном порядке и промежутке времени и четко выражено внешними морфологическими изменениями растения. Фенологический ритм сезонного развития растений является видовым признаком, но он в определенной степени варьирует и напрямую зависит от факторов внешней среды каждого сезона вегетации (Ягдарова, Воскресенская, 2013; Кулешов, 2021).

Фенологические наблюдения за развитием растений в различных почвенно-климатических зонах имеют большое научное и практическое значение и являются обязательным элементом производственно-биологического изучения плодовых культур и особенно важны при интродукции новых видов растений (Малеев, 1933). С учетом календарных сроков фенологических фаз развития растений, проводится разработка технологии возделывания, при которой определяются агротехнические мероприятия плодовых растений (посадка, обрезка, защита растений от вредителей и болезней, сбор урожая).

В данном разделе диссертационной работы представлены результаты исследований по изучению сроков наступления основных фенологических фаз, а также влиянию гидротермических факторов на их прохождение у редких видов и сортов цитрусовых разного эколого-географического происхождения, изучение которых ранее не проводилось в условиях влажных субтропиков России.

3.1.1.1 Особенности наступления и протекания фазы «распускание почек и бутонизация» у редких цитрусовых культур

Цитрусовые являются вечнозелеными плодовыми культурами, поэтому их годовой цикл развития наступает с распускания почек (1-я волна роста), который у плодоносящих растений протекает совместно с фазой бутонизации. Наступление и протекание этих фаз в первую очередь зависят от видовых особенностей растений, которые в большей степени зависят от погодных условий каждого года. С наступлением холодного периода, рост побегов прекращается, но для некоторых видов и сортов бывает достаточно краткосрочного потепления, чтобы растения тронулись в рост, то есть они обладают склонностью к возобновлению вегетации, так как у цитрусовых отсутствует глубокий зимний покой.

Установление сроков наступления фазы «распускание почек и бутонизация» начинали с появления зачатков побегов и бутонов. Как правило, начало вегетации у цитрусовых происходит при сумме активных температур выше $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 10–15 дней (Мосияш, Лугавцов, 1967). В результате изучения 13 редких видов и сортов рода *Citrus* в период с 2020 по 2022 гг., установлено, что распускание почек и бутонизация начинались при достижении устойчивой среднесуточной температуре выше $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$, при достижении суммы активных температур 200–345 $^{\circ}\text{C}$ в зависимости от вида, сорта и погодных условий года. В условиях влажных субтропиков России этот период начинается во II-III декаде марта.

Было установлено, что в результате многолетних наблюдений большого варьирования в наступлении фазы «распускание почек и бутонизация» у исследуемых редких видов и сортов цитрусовых не отмечалось. Гидротермические условия зимне-весеннего периода 2022 года сопровождались достаточно низкими температурами (в пределах $5\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}$) и высокой влажностью воздуха, а в некоторые дни в вечернее и ночное время отмечались отрицательные температуры (до $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$). Но как видно из таблицы 1, такие низкие температуры не

повлияли на начало наступления фазы «распускание почек и бутонизация» у всех исследуемых видов и сортов.

Таблица 1 – Сроки наступления фенофазы «распускание почек и бутонизация» редких плодовых культур из рода *Citrus* по годам исследования (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020-2022 гг.

Виды и сорта	Год			Средние за три года	Сумма активных температур, °С
	2020	2021	2022		
<i>C. aurantifolia</i>	18.03	15.03	16.03	16.03	209
<i>C. aurantifolia</i> 'Foro'	20.03	23.03	22.03	23.03	223
<i>C. × latifolia</i>	16.03	19.03	19.03	18.03	200
<i>C. ichangensis</i>	31.03	29.03	05.04	01.04	345
<i>C. × bergamia</i>	25.03	24.03	24.03	24.03	272
<i>C. × limonelloides</i>	23.03	19.03	28.03	23.03	251
<i>C. × limetta</i> 'Chontipico'	22.03	21.03	22.03	21.03	241
<i>C. limon</i> 'Del Brasil'	20.03	19.03	21.03	20.03	223
<i>C. maxima</i> 'Sambokan'	20.03	16.03	22.03	19.03	223
<i>C. medica</i>	27.03	25.03	27.03	26.03	297
<i>C. medica</i> var. <i>sacroductylus</i>	25.03	26.03	28.03	26.03	272
<i>C. × meyeri</i>	18.03	19.03	21.03	19.03	209
<i>C. × myrtifolia</i>	30.03	26.03	28.03	28.03	334

Стоит отметить, что для *C. ichangensis* характерно более позднее пробуждение из состояния покоя, поэтому температурный фактор в марте 2022 года лишь повлиял на продление его покоя. Это говорит о том, что *C. ichangensis* необходимо больше эффективных температур для активизации ростовых процессов, он в свою очередь меньше подвергается провокационным февральским температурам (в феврале 2020 г. отмечено повышение температуры до 20 °С).

Для *C. × limonelloides* в 2020-2021 гг. установлены ранние сроки наступления фенофазы «распускание почек и бутонизация», а в 2022 году под воздействием низких температур, наблюдали поздний выход из состояния покоя (28 марта).

В результате многолетних наблюдений, исследуемые виды и сорта цитрусовых по сроку наступления фазы «распускание почек и бутонизация» были разделены на ранние, средние и поздние. К видам и сортам с ранним выходом из зимнего покоя относятся *C. aurantifolia*, *C. × latifolia*, *C. limon* 'Del Brasil', *C. × meyeri* и *C. maxima* 'Sambokan' (II декада марта), самым поздним началом вегетации отличается *C. ichangensis* (I декада апреля). Промежуточную позицию занимают *C. aurantifolia* 'Foro', *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* 'Chontipico', *C. medica*, *C. medica* var. *sacroductylus* и *C. × myrtifolia* (III декада марта) (рисунок 16).

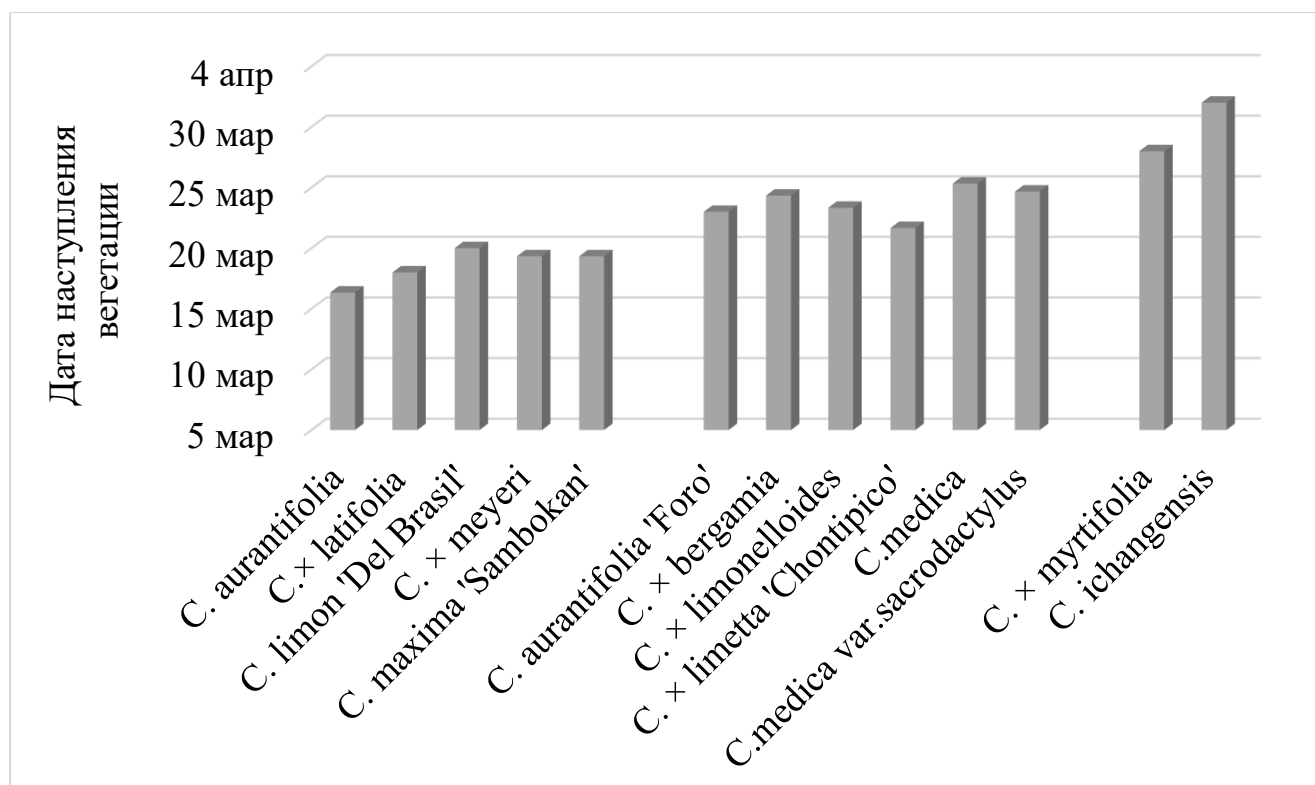


Рисунок 16 – Начало вегетации редких плодовых культур из рода *Citrus* (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020-2022 гг.

В результате проведенных наблюдений в 2020–2022 гг., было установлено, что выход исследуемых видов и сортов цитрусовых из состояния зимнего покоя и начало их ростовых процессов в большей степени зависят от видовых особенностей. Погодные условия года способствуют смещению даты. Разница между видами и сортами с ранним наступлением фенологической фазы

«распускание почек и бутонизация» составляет 4 дня (16.03–20.03), в средней группе 6 дней (18.03–25.03), разница от раннего наступления *C. aurantifolia* (16.03) и позднего *C. ichangensis* (01.04) составляет 14–20 дней.

3.1.1.2 Особенности наступления и протекания фенофазы «цветение» у редких цитрусовых культур

Одной из основных фенофаз развития плодовых растений является «цветение». Благодаря этой фенологической фазе, в том числе и ее продолжительности, можно оценить будущий урожай. По нашим учетам и наблюдениям было установлено, что от появления бутона до распускания лепестков у редких видов и сортов цитрусовых проходит от 17 (*C. aurantifolia* ‘Foro’ в 2020 г.) до 46 дней (*C. × limetta* ‘Chontipico’ в 2022 г.). По сроку цветения были выделены виды и сорта с ранним, средним и поздним цветением (таблица 2).

Таблица 2 – Сроки наступления фенофазы «цветение» редких плодовых культур из рода *Citrus* (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020-2022 гг.

Виды и сорта	Год			Среднее
	2020	2021	2022	
с ранним цветением				
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	01.04	07.04	27.04	11.04
<i>C. × meyeri</i>	02.04	08.04	28.04	12.04
<i>C. aurantifolia</i>	06.04	11.04	21.04	12.04
<i>C. × latifolia</i>	04.04	12.04	25.04	13.04
<i>C. limon</i> ‘Del Brasil’	04.04	09.04	26.04	13.04
со средним цветением				
<i>C. ichangensis</i>	12.04	16.04	26.04	18.04
<i>C. × myrtifolia</i>	08.04	14.04	07.05	19.04
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	11.04	15.04	03.05	21.04
с поздним цветением				
<i>C. × limonelloides</i>	15.04	19.04	06.05	23.04
<i>C. medica</i> var. <i>sacrodactylus</i>	11.04	14.04	16.05	23.04
<i>C. × bergamia</i>	21.04	27.04	29.04	25.04
<i>C. medica</i>	13.04	16.04	16.05	25.04
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	21.04	27.04	08.05	28.04

Было установлено, что на начало и продолжительность цветения значительное влияние оказывают погодные условия года, в первую очередь температурный фактор (рисунок 17).

Так в 2020 году, для фенофазы «цветение», основными стрессорами была повышенная температура с сопровождением пониженной влажности воздуха. Такие условия повлияли на цветение цитрусовых и в дальнейшем на оплодотворение и завязывание плодов.

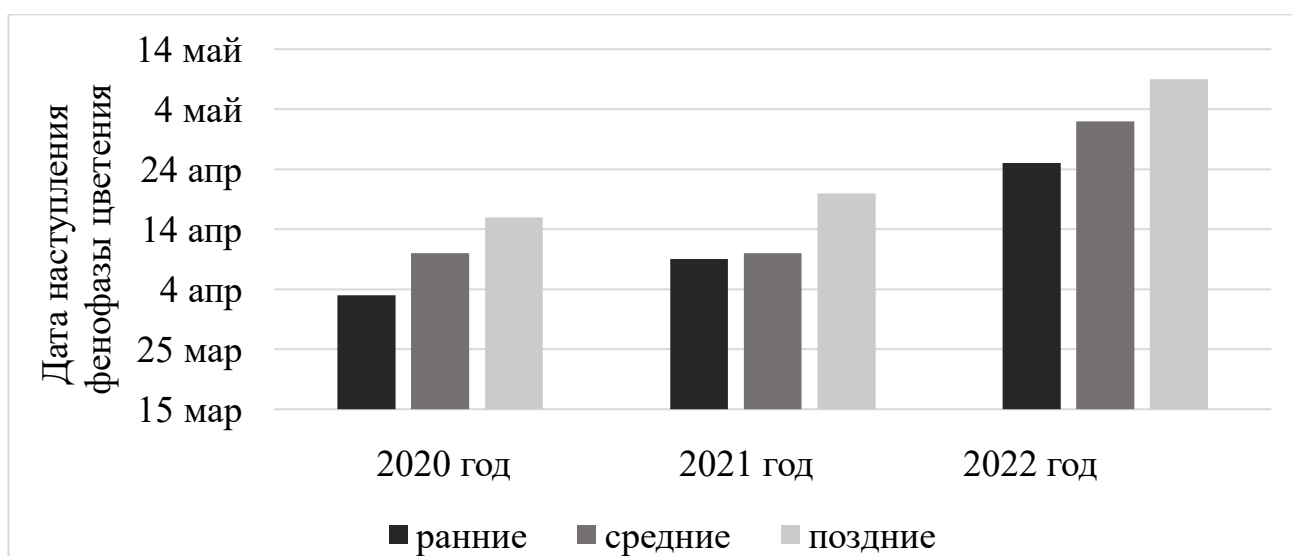


Рисунок 17 – Среднемноголетние даты наступления фенологической фазы «цветение» разных плодовых культур из рода *Citrus* (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы)

В 2021 г., в период образования бутонов, наблюдалась прохладная погода, температура находилась в пределах +8,5...+10,0 °С. Она способствовала более позднему распусканию бутонов, чем в 2020 г. Наиболее заметный сдвиг в датах (5–8 дней) наблюдался у *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* 'Foro', *C. × latifolia*, *C. × meyeri*, так как у этих культур отмечалось наиболее раннее цветение. У остальных видов изменения в датах были не значительными и варьировали в пределах 3–5 дней.

В 2022 году, в начале вегетации наблюдалась температура ниже +15 °С, которая способствовала замедлению формирования бутонов, что привело к более

позднему наступлению фенофазы «цветение». На рисунке 17 видно, что в сравнении с предыдущими годами, начало фазы «цветение» в 2022 г. почти у всех исследуемых объектов было позже на 10–40 дней. Самое позднее начало цветения отмечено у *C. medica*, *C. medica* var. *sacrodactylus*, цветение которых пришлось на II декаду мая, что на 33 и 35 дней позже предыдущих лет. Для бергамота характерно позднее цветение (конец апреля), поэтому условия 2022 года не оказали большого влияния на фазу цветения.

Наблюдениями было установлено, что в 2020 году, во время массового цветения у *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, в конце апреля – начале мая, дневная температура находилась в пределах +25...+28 °С с относительно низкой влажностью воздуха 50–55 %, что способствовало сокращению фазы цветения и образованию абортивных цветков. На таксоны *C. × meyeri*, *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* ‘Foro’, *C. × latifolia* эти факторы не оказали влияние, их цветение пришлось на период относительно благоприятный, со среднесуточной температурой воздуха +16,5 °С, однако показатели 2020 года были ниже последующих годов исследований.

В 2021 году во время цветения изучаемых объектов наблюдалась прохладная погода с высокой влажностью воздуха. В этот период, среднесуточная температура находилась в пределах +11,8...+13,9 °С, а влажность составляла 70–80 %. Такие факторы внешней среды, способствовали увеличению продолжительности фазы цветения исследуемых таксонов (рисунок 18).

Особенно стоит отметить, что для таких таксонов как *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* ‘Foro’, *C. × latifolia* и *C. maxima* ‘Sambokan’, такие погодные условия оказывают значительное влияние на продолжительность фазы «цветение». Сравнивая показатели 2020 и 2022 года, разница составила от 13 (*C. aurantifolia* ‘Foro’) до 24 дней (*C. aurantifolia*).

Наиболее длительное цветение наблюдалось в 2022 году, когда среднесуточная температура воздуха была около +15,9 °С, что способствовало продлению фазы цветения и повысило процент завязывания плодов.

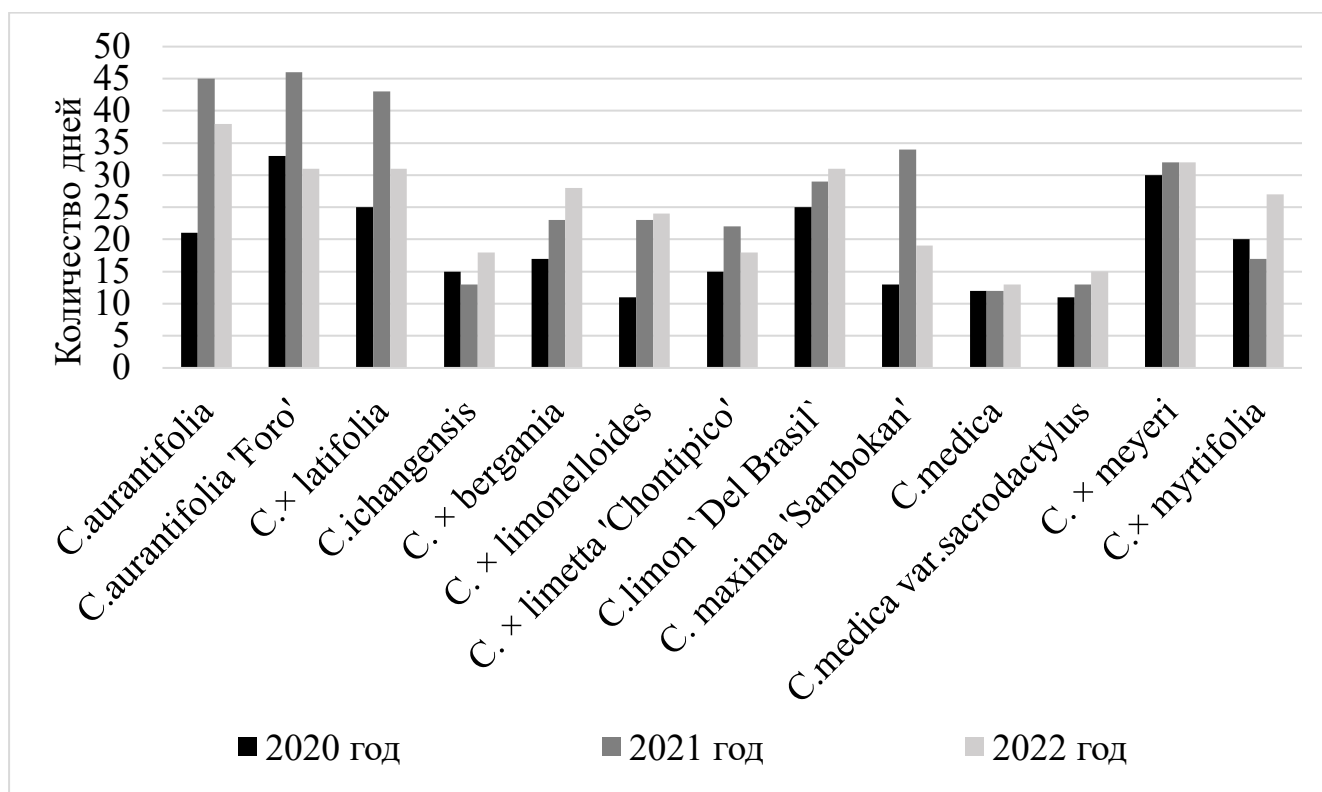


Рисунок 18 – Продолжительность фенофазы «цветение» (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы)

В результате многолетних исследований было установлено, что редкие таксоны цитрусовых в зависимости от биологических особенностей отличаются по срокам наступления цветения (таблица 3).

Так, по срокам наступления фенофазы «цветение» все исследуемые виды и сорта цитрусовых можно разделить на три группы:

– ранний срок цветения: *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* 'Foro', *C. × latifolia*, *C. limon* 'Del Brasil', *C. × meyeri*. Цветение приходится на начало II декады апреля (в среднем 11–13 апреля) и продолжается в течение 21–33 дней.

– средний срок цветения: *C. ichangensis*, *C. maxima* 'Sambokan' и *C. × myrtifolia*. Цветение приходится на конец II декады апреля (в среднем 18–19 апреля), с продолжительностью 13–20 дней.

– поздний срок цветения: *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* 'Chontipico', *C. medica*, *C. medica* var. *sacroductylus*. Цветение приходится на III декаду апреля (в среднем 23–28 апреля) с продолжительностью 11–17 дней.

Таблица 3 – Особенности цветения редких плодовых культур из рода *Citrus*, (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020-2022 гг.

Виды и сорта	Цветение			Продолжительность цветения, дней	Ремонтантность	Сумма активных температур, °С
	начало	массовое	конец			
Раннего срока цветения						
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	11.04	22.04	17.05	36	+	465
<i>C. aurantifolia</i>	12.04	23.04	12.05	32	+	476
<i>C. × meyeri</i>	12.04	21.04	15.05	33	+	476
<i>C. × latifolia</i>	13.04	23.04	15.05	32	+	486
<i>C. limon</i> ‘Del Brasil’	13.04	23.04	12.05	29	+	486
Среднего срока цветения						
<i>C. ichangensis</i>	18.04	23.04	03.05	14	-	545
<i>C. × myrtifolia</i>	19.04	27.04	13.05	23	-	532
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	21.04	29.04	11.05	20	-	583
Позднего срока цветения						
<i>C. × limonelloides</i>	23.04	03.05	13.05	22	+	604
<i>C. medica</i> var. <i>sacrodactylus</i>	23.04	29.04	08.05	14	-	604
<i>C. × bergamia</i>	25.04	03.05	18.05	23	+	625
<i>C. medica</i>	25.04	30.04	08.05	14	-	625
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	28.04	04.05	17.05	18	+	660

Отличительной особенностью цитрусовых от других плодовых культур, является проявление ремонтантности во время прохождения повторных ростовых процессов, так как образование плодовых почек взаимосвязано с вегетативным ростом. У некоторых видов и сортов, таких как *C. × bergamia*, *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. medica* var. *sacrodactylus* завязывание плодов после повторного цветения может не наблюдаться или плоды имеют низкие товарные качества в сравнении с плодами от весеннего цветения. В результате исследований, ремонтантность была отмечена у *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia*

‘Фор’, *C. × latifolia*, *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. × meyeri*.

Признак проявления ремонтантности желателен для декоративного садоводства, поэтому *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* ‘Фор’, *C. × latifolia*, *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. × meyeri*, *C. medica* var. *sacroductylus* и *C. × myrtifolia* можно рекомендовать как приставочную культуру в демонстрационных площадках, а также для оформления зимних садов, террас и интерьеров в различных помещениях.

Установлено, что наступление фенофазы «цветение» по среднемноголетним исследованиям у ранних видов и сортов (*C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* ‘Фор’, *C. × latifolia*, *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. × meyeri*) наступает при сумме активных температур выше 465–486 °С, со средним сроком цветения (*C. ichangensis*, *C. maxima* ‘Sambokan’, *C. × myrtifolia*) при 532–583 °С, у поздних (*C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. medica*, *C. medica* var. *sacroductylus*) – 604–660 °С. Разница между видами и сортами цитрусовых с ранним и поздним цветением составила в среднем 13 дней, которая в свою очередь варьирует в зависимости от условий года.

3.1.1.3 Особенности роста и развития редких цитрусовых культур в летне-осенний период

Так как цитрусовые культуры являются вечнозелеными растениями, их жизненный цикл не ограничен в активизации ростовых процессов, поэтому наблюдается цикличность роста. В течение одного года вегетации, цитрусовые способны повторно активизировать ростовые процессы, количество и продолжительность которых зависят от генетических особенностей, погодных условий сезона, особенностей агротехники и ряда других факторов.

Установлено, что редкие цитрусовые культуры в течение вегетации проявляют от 2–3 до 5 периодов активного роста, их количество зависит от генетических особенностей (таблица 4).

Таблица 4 – Особенности роста и развития редких плодовых культур из рода *Citrus* в летне-осенний период во влажных субтропиках России (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

Виды и сорта	Относительный летний ростовой покой, дней	2-я волна роста			Относительный осенний ростовой покой, дней	3-я волна роста		
		начало	конец	Сумма активных температур, °С		начало	конец	Сумма активных температур, °С
<i>C. aurantifolia</i>	73	30.07	06.09	2190	24	02.10	15.11	3700
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	51	11.07	28.08	1720	27	25.09	06.11	3650
<i>C. × latifolia</i>	61	19.07	26.08	1880	49	15.10	23.11	3950
<i>C. ichangensis</i>	91	01.08	19.08	2130	-	-	-	-
<i>C. × bergamia</i>	84	05.08	30.08	2170	41	11.10	07.11	3740
<i>C. × limonelloides</i>	71	23.07	28.08	1870	39	07.10	10.11	3670
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	57	27.07	04.09	1920	27	01.10	05.11	3500
<i>C. limon</i> ‘Del Brasil’	65	22.07	20.08	1960	-	-	-	-
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	74	20.07	14.08	1820	-	-	-	-
<i>C. medica</i>	80	01.08	03.09	2080	-	-	-	-
<i>C. medica</i> var. <i>sacrodactylus</i>	77	29.07	05.09	2020	48	23.10	22.11	3990
<i>C. × meyeri</i>	49	30.06	27.07	1420	39	06.09	06.10	2350
<i>C. × myrtifolia</i>	48	04.07	06.08	1440	36	12.09	06.10	3170

Примечание: прочерк в таблице означает отсутствие третьей волны роста

В результате проведенных наблюдений у *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* ‘Foro’, *C. × latifolia*, *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. limetta* ‘Chontipico’, *C. × meyeri*, *C. medica* var. *sacrodactylus* и *C. × myrtifolia* выявлено три волны активного роста, а при благоприятных погодных условиях (продолжительной температуре выше +10 °С), в осенне-зимний период может наблюдаться 4 волна роста побегов. Для *C. ichangensis*, *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. maxima* ‘Sambokan’, *C. medica* характерно два периода. Отмечено, что у некоторых видов и сортов, наблюдается отсутствие второй–третьей волны активного роста. Так, в 2022 году у *C. maxima* ‘Sambokan’ не было отмечено второй волны роста, у *C. × bergamia* –

третьей волны роста в сравнении с предыдущими годами исследований. Предположительно это связано с большим количеством завязанных плодов.

Весенний рост побегов протекает более растянуто, самая короткая продолжительность отмечена у *C. ichangensis*, которая составила 32 дня, для других исследуемых видов и сортов значения находятся в пределах от 42 (*C. medica* и *C. medica* var. *sacroductylus*) до 57 дней (у *C. × latifolia*) (рисунок 19).

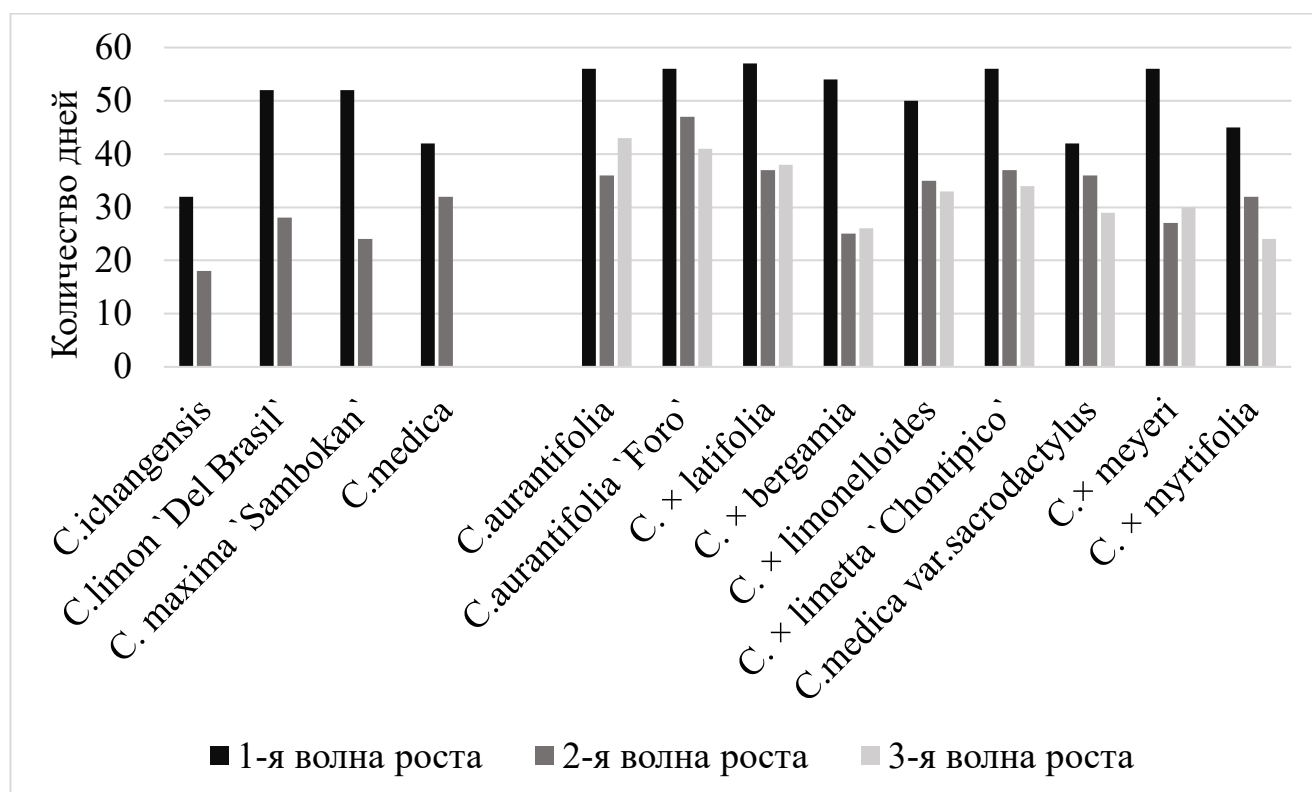


Рисунок 19 – Продолжительность ростовых процессов у редких плодовых культур из рода *Citrus* (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020 – 2022 гг.

При достижении суммы активных температур выше 1420–2190 °С у редких цитрусовых культур наблюдается вторая волна роста, а при 2350–3990 °С наступал третья волна роста – у *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* 'Foro', *C. × latifolia*, *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* 'Chontipico', *C. limon* 'Del Brasil', *C. × meyeri*.

Активный рост побегов чередуется с периодами относительного покоя. Между первой и второй волной роста у цитрусовых растений наблюдается

относительный летний ростовой покой, который в среднем длится от 48 (*C. × myrtifolia*) до 91 дня (*C. ichangensis*) (рисунок 20).

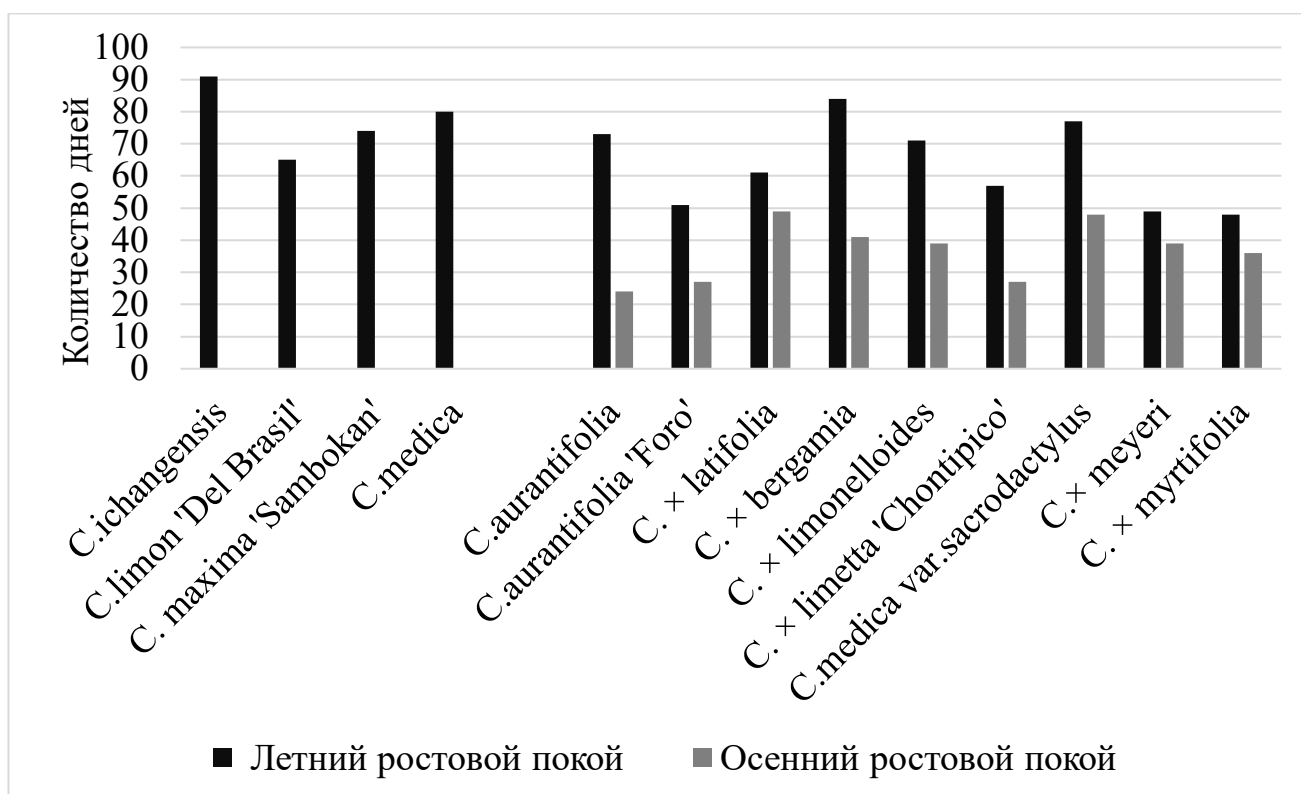


Рисунок 20 – Продолжительность относительного ростового покоя редких плодовых культур из рода *Citrus* (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

У видов и сортов, которым характерно проявление третьей волны активного роста, установлен более короткий осенний покой в сравнении с летним. Самый короткий период осеннего покоя наблюдался у *C. × latifolia*, *C. × meyeri*, *C. × myrtifolia*, который в среднем составил 12, 10 и 12 дней соответственно.

3.1.1.4 Особенности наступления и протекания фенофазы «созревание плодов» у редких цитрусовых культур

В жизненном цикле любого плодового растения очень важной фенологической фазой является «созревание плодов». Сроки наступления данной

фазы у редких цитрусовых культур определяли в днях, начиная с даты окончания цветения до наступления полной зрелости плодов (таблица 5).

Таблица 5 – Продолжительность формирования плодов у редких плодовых культур из рода *Citrus* (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020-2022 гг.

Виды и сорта	Конец цветения	Созревание плодов		Сумма активных температур, °С
		декада/месяц	в днях	
<i>C. aurantifolia</i>	12.05	III/11	189	4950
<i>C. aurantifolia</i> 'Foro'	17.05	III/11	182	5070
<i>C. × latifolia</i>	15.05	III/11	192	5030
<i>C. ichangensis</i>	03.05	I/12	222	5012
<i>C. × bergamia</i>	18.05	II/12	215	5140
<i>C. × limonelloides</i>	13.05	III/11	191	4880
<i>C. × limetta</i> 'Chontipico'	17.05	I/12	201	4990
<i>C. limon</i> 'Del Brasil'	12.05	I/12	205	4800
<i>C. maxima</i> 'Sambokan'	11.05	II/12	219	5200
<i>C. medica</i>	08.05	III/12	225	5250
<i>C. medica</i> var. <i>sacroductylus</i>	08.05	II/12	226	5160
<i>C. × meyeri</i>	15.05	III/11	191	4710
<i>C. × myrtifolia</i>	13.05	III/12	221	5157

Установлено, что продолжительность периода формирования и наступление фенофазы «созревание плодов» у редких цитрусовых культур зависело от погодных условий года во время прохождения фенофазы «цветение». Наиболее благоприятные условия 2021–2022 гг. способствовали увеличению продолжительности цветения у редких видов и сортов, поэтому период формирования плодов в сравнении с 2020 г. был меньше на 2–20 дней в 2021 г., на 10–49 дней – в 2022 г.

Для достижения полной зрелости плодов, в среднем понадобилось от 182 (*C. aurantifolia* 'Foro') до 226 дней (*C. medica* var. *sacroductylus*) (рисунок 21). Созревание плодов происходит при достижении суммы активных температур от 4710 °С (*C. × meyeri*) до 5250 °С (*C. medica*).

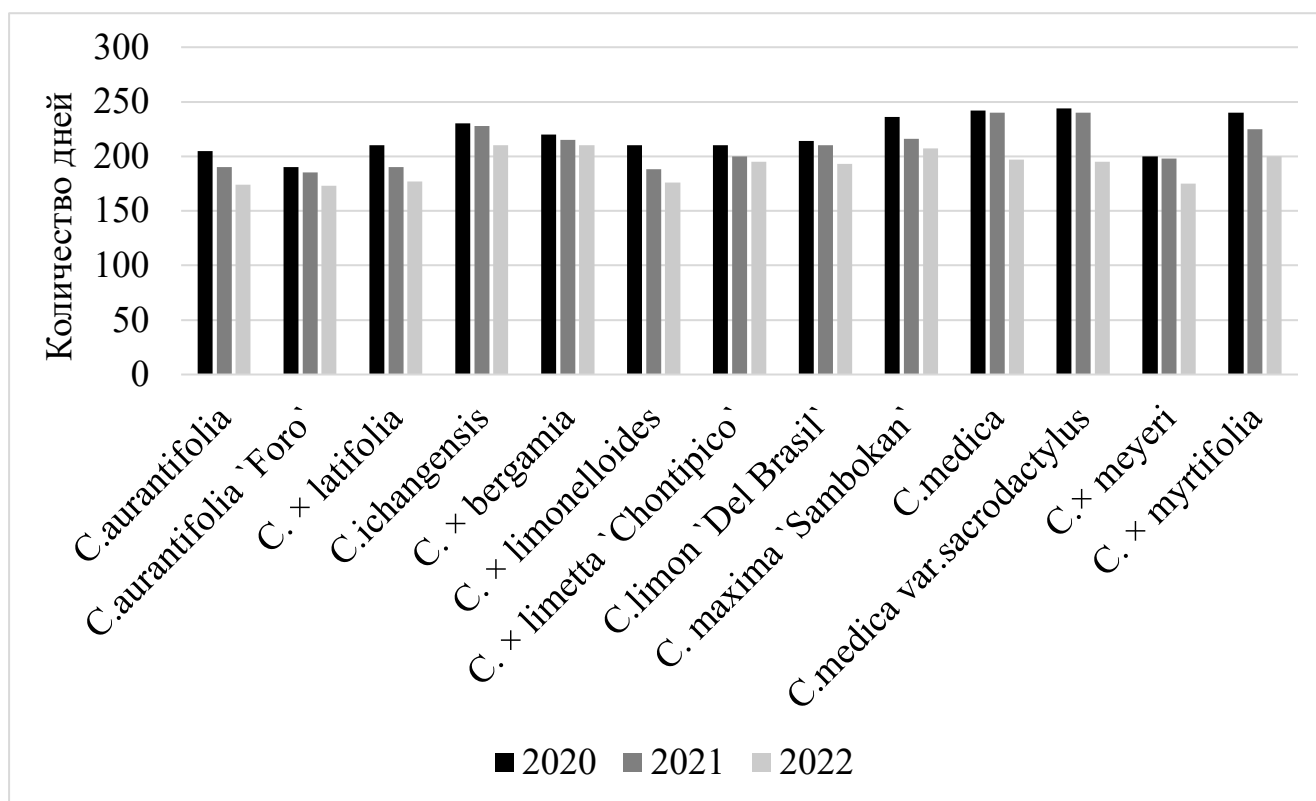


Рисунок 21 – Продолжительность периода формирования плодов редких плодовых культур из рода *Citrus* по годам исследований (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы)

По срокам наступления полной зрелости плодов среди редких видов и сортов цитрусовых были выделены три группы:

1. Раннего срока созревания – *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* 'Foro', *C. × latifolia*, *C. × limonelloides*, *C. × meyeri* (III декада ноября – I декада декабря);
2. Среднего срока созревания – *C. ichangensis*, *C. × bergamia*, *C. × limetta* 'Chontipico', *C. limon* 'Del Brasil', *C. maxima* 'Sambokan' и *C. medica* var. *sacroductylus* (I–II декада декабря);
3. Позднего срока созревания – *C. medica* и *C. × myrtifolia* (III декада декабря – I декада января).

Стоит отметить, что у *C. × limonelloides* в сравнении с видами и сортами из той же группы, наблюдалось более позднее цветение, но менее короткая продолжительность. При этом отмечено раннее наступление фенофазы «созревание плодов», что говорит о раннеспелости данного вида. От начала

вегетации до созревания плодов редким цитрусовым необходима сумма активных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ в пределах 4710–5250 $^{\circ}\text{C}$. Для таксонов раннего срока созревания: 4710–5070 $^{\circ}\text{C}$, для среднего срока: 4990–5140 $^{\circ}\text{C}$, для позднего: 5150–5250 $^{\circ}\text{C}$ (рисунок 22).

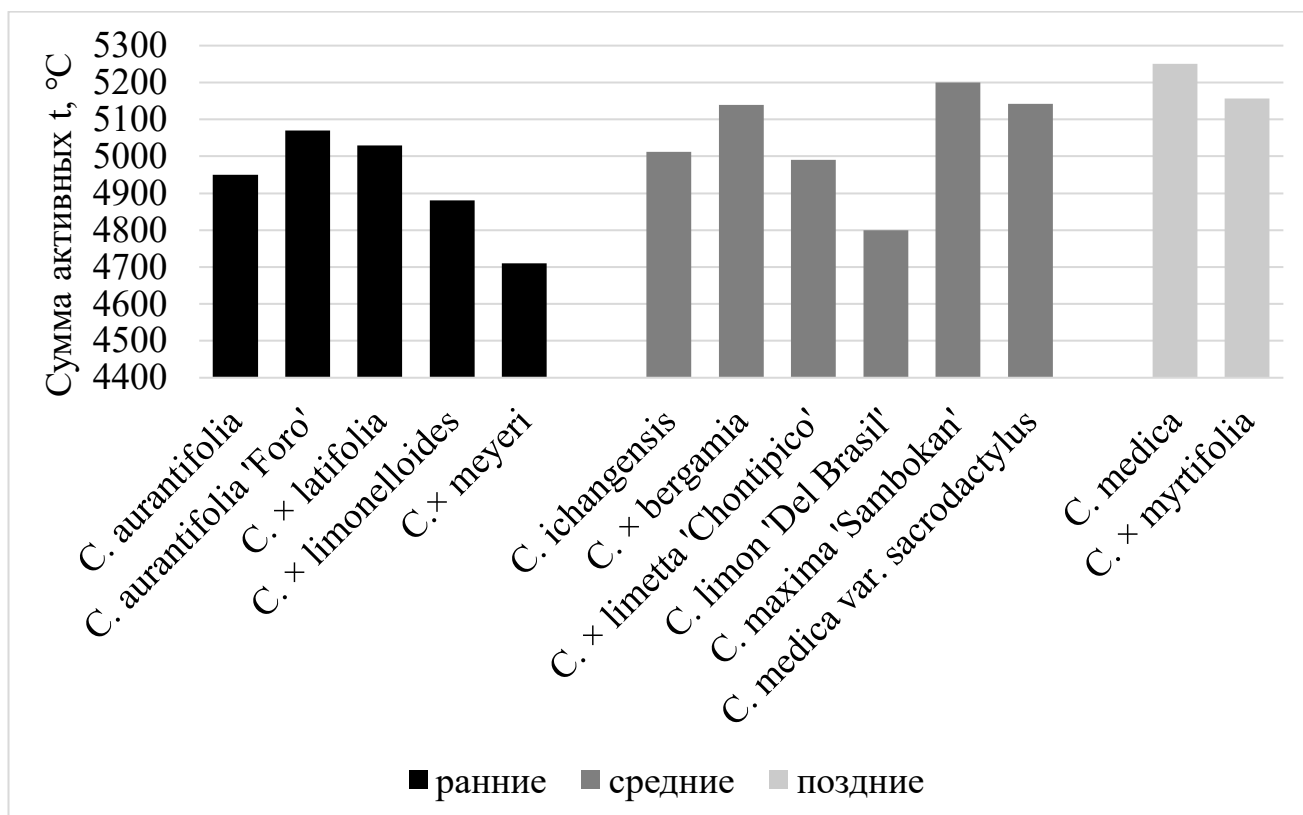


Рисунок 22 – Сумма активных температур (выше $+10^{\circ}\text{C}$) в период формирования и созревания плодов редких плодовых культур из рода *Citrus* (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

Результаты исследований позволяют сделать вывод, что наименьшее количество тепла во время прохождения вегетации в течение года необходимо *C. x meyeri*, которому в зависимости от условий года требуется 4450–4710 $^{\circ}\text{C}$ активных температур выше $+10^{\circ}\text{C}$. Для него характерно раннее цветение и ранний срок созревания плодов. Для созревания плодов *C. maxima* 'Sambokan' и *C. medica*, необходима сумма активных температур 4910–5200 и 4950–5250 $^{\circ}\text{C}$, соответственно.

Зная их сроки созревания, учитывая климатические особенности территории возделывания, можно подобрать ассортимент, который будет создавать конвейер по срокам созревания плодов.

3.2 Основные показатели роста и развития редких плодовых культур из рода *Citrus* в неконтролируемых условиях теплицы

При закладке сада и высадке растения на постоянное место его произрастания, необходимо в первую очередь знать информацию о биологических особенностях роста и развития растения. Изучение этих особенностей может сыграть важную роль при подборе схемы посадки и выбрать наиболее подходящий вид, сорт при использовании его как приставочную культуру в различных помещениях.

Как правило, цитрусовые культуры – это небольшие растения, высота которых зависит от генетических особенностей таксона. На рост и развитие растения оказывают влияние как абиотические условия года (Заремук и др., 2020), так и применяемые агротехнические мероприятия (внесение удобрений, обрезка, полив и т.д.). К примеру, в некоторых субтропических регионах, выращивание цитрусовых невозможно без применения орошения (Гуль, 2015).

По высоте цитрусовые делятся на: высокорослые (4–5 м) – *C. sinensis* (апельсин) и *C. maxima* (помпельмус); среднерослые (3,0–3,5 м) – *C. limon* (лимон) и *C. reticulata* (мандарин), последний имеет сорта, отличающиеся карликовой силой роста (1,8–2,5 м) (Рындин и др., 2016).

Особенности ростовых процессов, характеризующие цитрусовые, определяются рядом показателей: высота растения, диаметр штамба, длина прироста, суммарный прирост и т.д. В таблице 6 представлены результаты измерений нарастания побегов у редких плодовых культур из рода *Citrus*.

Таблица 6 – Интенсивность роста побегов (см) редких плодовых культур из рода *Citrus*, (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

Виды и сорта	Волна роста			Всего
	I	II	III	
<i>C. aurantifolia</i>	8,18±3,3	4,91±2,9	3,27±3,1	16,36
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	8,98±2,8	5,39±2,7	3,59±2,7	17,97
<i>C. × latifolia</i>	6,96±1,6	4,18±1,5	2,78±1,3	13,92
<i>C. ichangensis</i>	14,39±1,9	9,02±1,9	-	23,41
<i>C. × bergamia</i>	8,55±1,6	5,13±1,4	3,42±1,8	17,10
<i>C. × limonelloides</i>	5,16±3,2	3,10±2,8	2,07±2,9	10,33
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	8,30±1,5	4,98±1,1	3,32±1,4	16,61
<i>C. limon</i> ‘Del Brasil’	13,65±2,0	8,35±1,8	-	22,00
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	12,37±3,7	8,16±3,6	-	20,53
<i>C. medica</i>	12,01±1,6	8,01±1,7	-	20,02
<i>C. medica</i> var. <i>sacroductylus</i>	7,96±1,8	4,80±1,9	3,25±1,9	16,01
<i>C. × meyeri</i>	9,16±3,4	5,51±3,2	3,65±3,4	18,32
<i>C. × myrtifolia</i>	5,25±1,1	3,58±0,9	2,15±0,9	10,98
HCP _{0,5}	3,75			

Примечание: прочерк в таблице означает отсутствие третьей волны роста

В результате проведенных измерений, установлено, что наибольшая длина прироста отмечена при первой волне активного роста. Летняя (II) и осенняя (III) волна активного роста характеризовались более низкими показателями длины прироста, что связано с затратой части питательных веществ на формирование плодов. Наибольшая длина прироста за период вегетации отмечена у видов и сортов *C. ichangensis*, *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. maxima* ‘Sambokan’, *C. medica*, которая находилась в пределах 20,02–23,41 см, для остальных объектов исследования она составила 10,33–18,32 см.

На продуктивность растений, как правило в определенной степени, оказывает влияние количество побегов, т.е. чем больше количество побегов, тем больше шансов получить высокий урожай. Количество побегов варьировало по годам, но в целом сохранялась зависимость количества от видовых особенностей цитрусовых культур (рисунок 23).

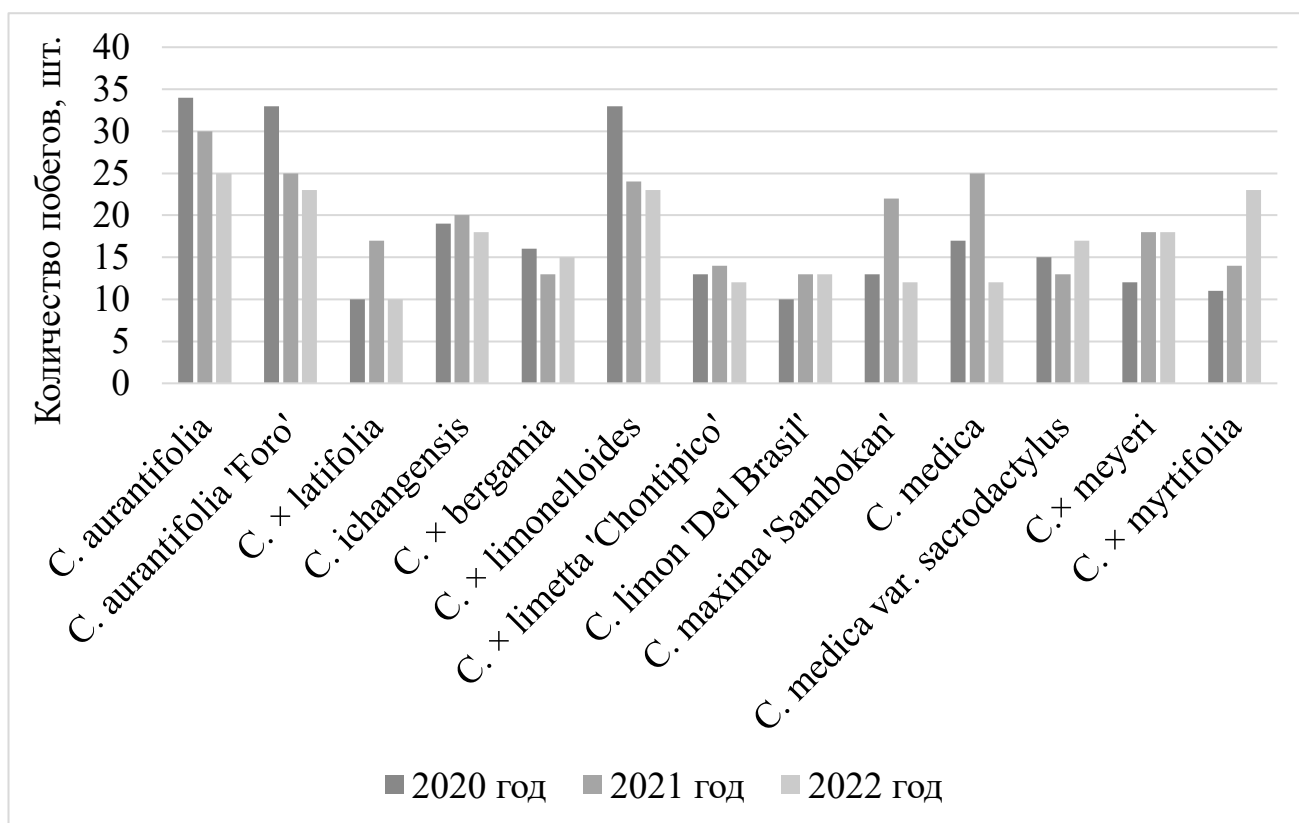


Рисунок 23 – Количество побегов редких плодовых культур из рода *Citrus*, (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы)

В среднем наивысший показатель количества побегов отмечен у видов и сортов *C. aurantifolia* (30 шт.), *C. aurantifolia* 'Foro' (27 шт.) и *C. × limonelloides* (27 шт.). Низкий показатель (12–13 шт.) по количеству побегов отмечен у *C. × latifolia*, *C. × limetta* 'Chontipico' и *C. limon* 'Del Brasil', для остальных видов и сортов он находился в пределах 15–19 шт.

В таблице 7 представлены результаты измерений основных параметров кроны редких плодовых культур из рода *Citrus*, определяющих ее объем.

По степени наращивания кроны, редкие виды и сорта были разделены на три группы:

1. Редкие цитрусовые *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* 'Foro', *C. ichangensis* имеют высокую степень наращивания кроны, суммарный прирост составил 4,45–4,85 м;

2. Виды и сорта *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* 'Chontipico', *C. limon* 'Del Brasil', *C. maxima* 'Sambokan', *C. medica*, *C. medica* var.

sacrodactylus, *C. × meyeri* имеют среднюю степень наращивания кроны, суммарный прирост в пределах 2,16–3,60 м;

3. Виды *C. × latifolia* и *C. × myrtifolia* имеют низкую степень наращивания кроны, суммарный прирост был в пределах 1,72–1,76 м.

Таблица 7 – Параметры роста редких плодовых культур из рода *Citrus* в неконтролируемых условиях теплицы влажных субтропиков России, 2020–2022 гг.

Виды и сорта	Средняя годовичная длина прироста		Количество побегов		Суммарный прирост	
	см	V, %	шт.	V, %	м	V, %
<i>C. aurantifolia</i>	16,36±3,5	11	30±7	15	4,85±0,32	21
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	17,97±2,9	15	27±7	20	4,85±0,24	27
<i>C. × latifolia</i>	13,92±1,6	16	12±2	33	1,72±0,11	31
<i>C. ichangensis</i>	23,41±1,8	16	19±4	5	4,45±0,14	15
<i>C. × bergamia</i>	17,10±1,9	19	15±5	10	2,51±0,16	27
<i>C. × limonelloides</i>	10,33±1,4	6	27±7	21	2,76±0,21	15
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	16,61±1,7	20	13±1	8	2,16±0,11	16
<i>C. limon</i> ‘Del Brasil’	22,00±2,0	22	12±1	14	2,64±0,13	7
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	20,53±3,9	18	16±1	35	3,22±0,15	14
<i>C. medica</i>	20,02±1,8	21	18±5	36	3,60±0,16	18
<i>C. medica</i> var. <i>sacrodactylus</i>	16,01±2,0	17	15±3	13	2,40±0,25	22
<i>C. × meyeri</i>	18,32±3,6	3	16±1	22	2,93±0,15	22
<i>C. × myrtifolia</i>	10,98±1,2	22	16±1	39	1,76±0,10	60
HCP _{0,5}	3,75	-	7,26	-	1,19	-

Коэффициент вариации у таксонов в зависимости от года изменялся, и находился в пределах от 7 до 60 %. Наибольшая вариабельность отмечена у *C. × myrtifolia*, для которого показатели суммарного прироста по годам значительно отличались. Так, в 2020–2021 гг. суммарный прирост составил 1,19–1,21 м, а в 2022 году этот показатель был почти в 2 раза больше – 3,11 м.

Для редких цитрусовых, у которых наблюдалось превалирование количества побегов над длиной прироста, наблюдалась плотная, компактная крона. Такой тип кроны характерен для *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* ‘Foro’, *C. × limonelloides*, *C. × myrtifolia*.

Для *C. × latifolia*, *C. ichangensis*, *C. × bergamia*, *C. × limetta* 'Chontipico', *C. limon* 'Del Brasil', *C. maxima* 'Sambokan', *C. medica*, *C. medica* var. *sarcodactylus*, *C. × meyeri* отмечены более длинные междоузлия и характерна более рыхлая, раскидистая, легкая крона.

Результаты измерений диаметра штамба в средней его части представлены на рисунке 24. Установлено небольшое варьирование диаметра штамба, которое находится в пределах 1,20–2,23 см. Наименьший диаметр зафиксирован у *C. × meyeri* и *C. × myrtifolia* и составил 1,20 и 1,25 см соответственно. Наибольший диаметр штамба отмечен у *C. × limonelloides* и *C. limon* 'Del Brasil' и составил 2,12 и 2,23 см, соответственно.

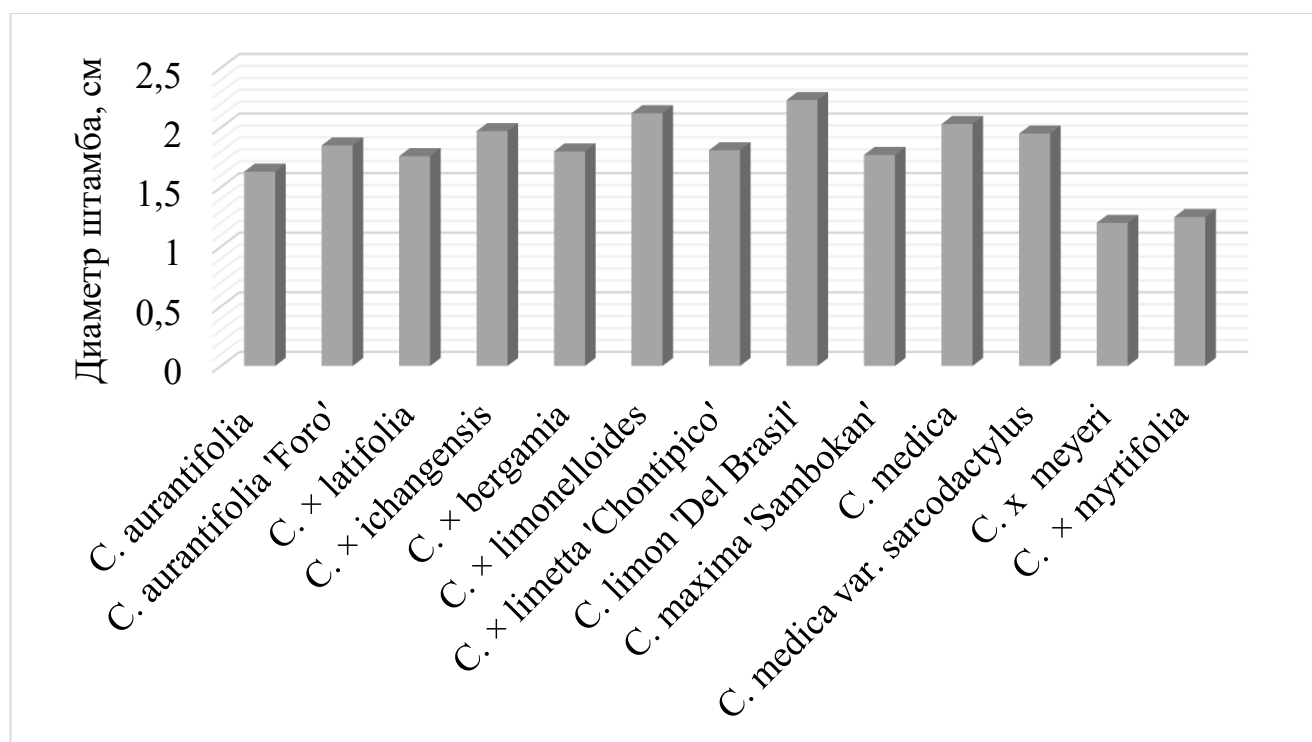


Рисунок 24 – Характеристика редких плодовых культур из рода *Citrus* по диаметру штамба, среднее за 2020–2022 гг.

При выращивании исследуемых видов и сортов как приставочную культуру в различных помещениях, одним из главных биометрических показателей является высота растения. Исследования показали, что увеличение высоты растения в разные годы происходило не одинаково. У *C. × ichangensis*, *C. maxima* 'Sambokan', *C. × myrtifolia* наибольшее увеличение высоты пришлось на 2022 год,

наиболее равномерное увеличение наблюдалось у *C. × latifolia*, для остальных видов и сортов наибольшая высота была отмечена в 2021 году (таблица 8).

Таблица 8 – Характеристика редких плодовых культур из рода *Citrus* по интенсивности роста растений (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

Виды и сорта	Средняя высота растения, см			Всего, см
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	
Низкая				
<i>C. × myrtifolia</i>	61,7	+5,6	+11,8	79,1
<i>C. × bergamia</i>	77,3	+8,4	+3,3	89,0
<i>C. × limonelloides</i>	80,3	+11,0	+2,0	93,3
Средняя				
<i>C. aurantifolia</i>	76,3	+18,2	+9,8	104,3
<i>C. × meyeri</i>	90,0	+11,4	+6,2	107,6
<i>C. × latifolia</i>	95,5	+5,7	+7,1	108,3
<i>C. × ichangensis</i>	93,7	+5,8	+9,1	108,6
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	100,7	+7,6	+2,1	110,4
Сильная				
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	97,7	+12,0	+9,0	118,7
<i>C. medica</i>	112,3	+7,1	+3,1	122,5
<i>C. medica</i> var. <i>sarcodactylus</i>	111,7	+8,5	+2,6	122,8
<i>C. limon</i> ‘Del Brasil’	124,3	+4,0	+0,8	129,1
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	128,5	+2,9	+5,1	136,5
НСР _{0,5}	6,41			

Примечание: + означает изменение высоты растения за вегетационный период

В результате наблюдений, по интенсивности роста условно выделены виды и сорта:

1. С низкой интенсивностью роста – *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × myrtifolia*, высота растения составляла 79,1 – 93,3 см;

2. Со средней интенсивностью роста – *C. aurantifolia*, *C. × latifolia*, *C. aurantifolia* ‘Foro’, *C. × ichangensis*, *C. × meyeri*, высота растения находилась в пределах 104,3–110,4 см;

3. Высокой интенсивностью роста характеризуются *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. maxima* ‘Sambokan’, *C. medica*, *C. medica* var. *sarcodactylus*, их высота варьировала от 118,7 до 136,5 см.

В результате проведенных измерений параметров кроны, была проведена статистическая обработка данных, которая показала по всем параметрам существенные различия между редкими культурами из рода *Citrus*. В целом, за годы исследований был отмечен стабильный рост и развитие исследуемых объектов, что говорит о хорошей адаптации растений к условиям влажных субтропиков России.

По степени наращивания и компактности кроны, силе роста выделены виды и сорта *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* ‘Foro’, *C. × limonelloides* и *C. × meyeri*. При этом необходимо отметить, что *C. × myrtifolia* имеет сдержанный рост и компактную крону, что отвечает требованиям декоративного садоводства.

3.3 Оценка устойчивости редких плодовых культур из рода *Citrus* к стрессовым факторам среды

Субтропики России имеют резко выраженный характер изменения температуры. После зимнего периода, сравнительно быстро наступает жаркий и продолжительный летний период (Мосияш, 1970). В каждом периоде могут наблюдаться определенные стресс-факторы (кратковременное понижение температуры до отрицательных значений, высокие температуры с сопровождением низкой влажности воздуха), которые оказывают влияние на рост и развитие цитрусовых культур.

Устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды – обязательный признак для сельскохозяйственных культур, в том числе и для цитрусовых (Кулян и др., 2021). Одним из индикаторов состояния растений к изменениям факторов внешней среды является фотосинтетическая функция ассимиляционного аппарата (Белоус, Притула, 2007), обусловленная в том числе и особенностями пигментного аппарата.

В связи с этим, нами были проведены исследования по определению физиолого-биохимических характеристик ассимилирующих органов редких плодовых культур из рода *Citrus*, которые позволили получить информацию о степени адаптации растений к абиотическим факторам неконтролируемых условий теплицы во влажные субтропики России и выделить наиболее устойчивые к ним.

3.3.1 Пигментный состав редких плодовых культур из рода *Citrus*

В нерегулируемых условиях теплицы, в отличие от открытого грунта, отсутствуют засушливые условия, но к числу неблагоприятных факторов следует отнести пониженные ночные и дневные температуры в зимний период и высокие летние температуры. Успешность выращивания редких цитрусовых зависит от структурной и функциональной пластичности видов и сортов к адаптации в условиях обитания. Пластичность фотосинтетического аппарата проявляется в поддержании оптимального баланса пигментов путем увеличения в листьях доли пигментов, аккумулирующих свет низкой интенсивности. Ключевыми характеристиками, при этом, являются величины соотношения: хлорофиллов a/b , а также сумм хлорофиллов и каротиноидов ($\Sigma_{a+b}/\Sigma_{car}$) (Ладыженко и др., 2013).

Для сравнительного анализа и оценки биологического потенциала исследуемых видов и сортов, была изучена динамика суммарного содержания и соотношений фотосинтетических пигментов в листьях. Период жизни листового аппарата изучаемых вечнозелёных цитрусовых культур достигает 3 лет. Как правило, по мере физиологического развития листа, содержание хлорофилла увеличивается, а затем уменьшается в связи с процессами старения (Gogoi, Basumatary, 2018). Поэтому отбирались и анализировались физиологически вызревшие листья с побегов не старше 2-х лет.

В результате проведенного анализа по содержанию хлорофилла a и b , было установлено, что этот показатель динамичный и его уровень зависел от видовых и сортовых особенностей и погодных условий года. Так коэффициент вариации в

зимний период варьировал от 1 до 41 %, в летний период находился в пределах 5–37 %, в осенний период – 2–35 % (таблица 9).

Таблица 9 – Суммарное содержание зеленых пигментов в листьях редких плодовых культур из рода *Citrus* в зависимости от гидротермических условий года (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

Виды и сорта	Зима		Лето		Осень	
	мг/г	V, %	мг/г	V, %	мг/г	V, %
<i>C. aurantifolia</i>	2,65±0,7	6	2,09±0,1	7	2,84±0,2	6
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	2,07±0,5	28	2,51±0,9	37	2,71±0,1	2
<i>C. × latifolia</i>	2,67±0,7	6	1,53±0,5	33	2,27±0,4	20
<i>C. ichangensis</i>	2,58±0,1	1	1,72±0,5	28	2,15±0,3	16
<i>C. × bergamia</i>	3,21±0,4	8	2,08±0,1	5	2,41±0,5	19
<i>C. × limonelloides</i>	2,62±0,6	12	1,98±0,6	32	2,18±0,4	17
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	2,72±0,8	5	2,21±0,4	16	2,28±0,8	35
<i>C. limon</i> ‘Del Brasil’	3,05±0,6	7	2,39±0,8	35	2,43±0,1	3
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	2,53±0,3	18	2,34±0,4	18	2,62±0,6	22
<i>C. medica</i>	1,61±0,9	41	1,90±0,3	18	2,21±0,3	13
<i>C. medica</i> var. <i>sacrodactylus</i>	2,96±0,4	9	2,21±0,5	22	2,60±0,5	21
<i>C. × meyeri</i>	3,29±1,2	2	1,93±0,7	39	2,59±0,7	26
<i>C. × myrtifolia</i>	2,31±0,9	32	2,29±0,7	30	2,69±0,3	13
НСР _{0,5}	0,63	-	0,64	-	0,71	-

Цитрусовые растения относятся к теплолюбивым культурам, для которых отрицательные температуры могут быть критическими. Сумма хлорофиллов в листьях в зимний период (февраль), находилась в пределах 1,61–3,29 мг/г. Так, наиболее пластичными к зимним условиям, являются *C. × meyeri*, *C. ichangensis*, *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. limon* ‘Del Brasil’, для которых характерно повышение синтеза хлорофиллов после осеннего минимума (рисунок 25).

Отмечено повышение значений суммы хлорофиллов у *C. × latifolia* и *C. medica* var. *sacrodactylus*. Однако, при неблагоприятных зимних погодных условиях в 2022 г., когда наблюдались низкие значения температуры (в пределах +5–10 °С) и высокой влажностью воздуха, а в некоторые дни в вечернее и ночное время отрицательная температура (до –2 °С), у них отмечается снижение этих значений. Пластичность к условиям зимнего периода подтверждается и низкими

значениями коэффициента вариации, который находился в пределах от 1 (*C. ichangensis*) до 12 % (*C. × limonelloides*).

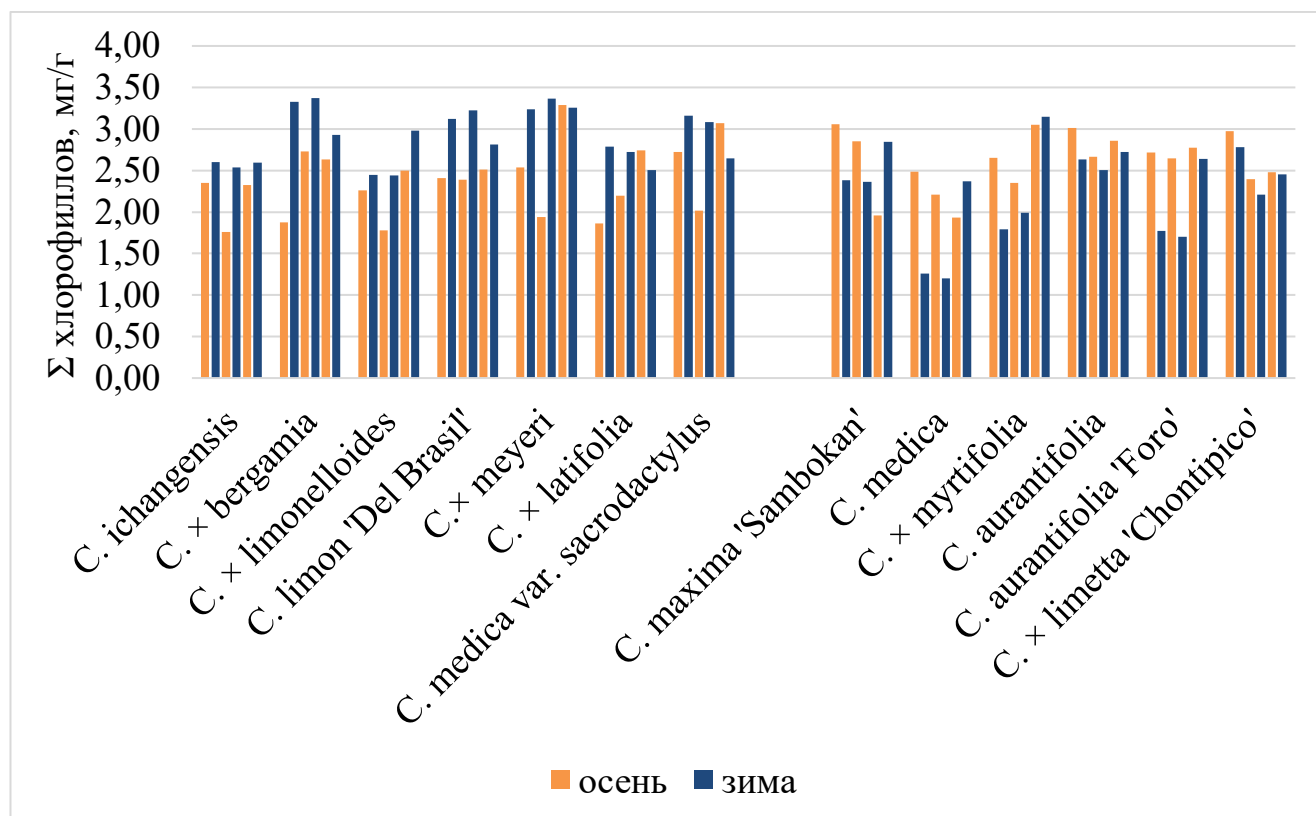


Рисунок 25 – Сумма хлорофиллов в листьях редких плодовых культур из рода *Citrus* в осенне-зимний период, среднее за 2020 – 2023 гг.

Для *C. aurantifolia* и *C. aurantifolia* 'Foro', *C. maxima* 'Sambokan' характерно снижение синтеза хлорофилла, как и у *C. medica* и *C. × myrtifolia*, но при неблагоприятных погодных условиях в зимний период в 2022 г., у *C. maxima* 'Sambokan', *C. medica* и *C. × myrtifolia* зафиксировано увеличение синтеза хлорофиллов. Работа ассимиляционного аппарата, в частности, активность зеленых пигментов, в условиях зимнего периода у *C. aurantifolia* 'Foro', *C. medica* и *C. × myrtifolia* в наибольшей степени зависела от температуры ($r = -0,67$) (приложение 1), что в свою очередь также может говорить о пластичности таксонов к факторам среды зимнего периода ($V = 28...41\%$).

В летний период одним из стресс-факторов для цитрусовых культур являются высокие температуры, которые в теплице могут достигать $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более. Поэтому важно знать, насколько восприимчив к высоким температурам

каждый вид и сорт цитрусовых. Наиболее жаркая погода наблюдалась в 2020–2021 гг., когда среднесуточная температура составляла +29,7 °С и +32,2 °С, соответственно, а в некоторые дни она находилась в пределах +33...+44 °С при низкой влажности воздуха, которая в среднем не превышала 55 %. Наиболее прохладное лето отмечено в 2022 г. – среднесуточная температура +26,2 °С с отклонением от нормы -1,2 °С. Сумма хлорофиллов в листьях изучавшихся таксонов в летний период, в среднем за годы исследований находилась в пределах 1,53–2,51 мг/г.

Так, у *C. aurantifolia* 'Foro' и *C. medica* отмечено увеличение синтеза зеленых пигментов после зимнего минимума, что говорит о хорошей работе фотосинтетического аппарата в летний период (июль). Но при более жарком лете (в 2021 году), у *C. aurantifolia* 'Foro' отмечается незначительное снижение показателей суммы хлорофиллов (рисунок 26).

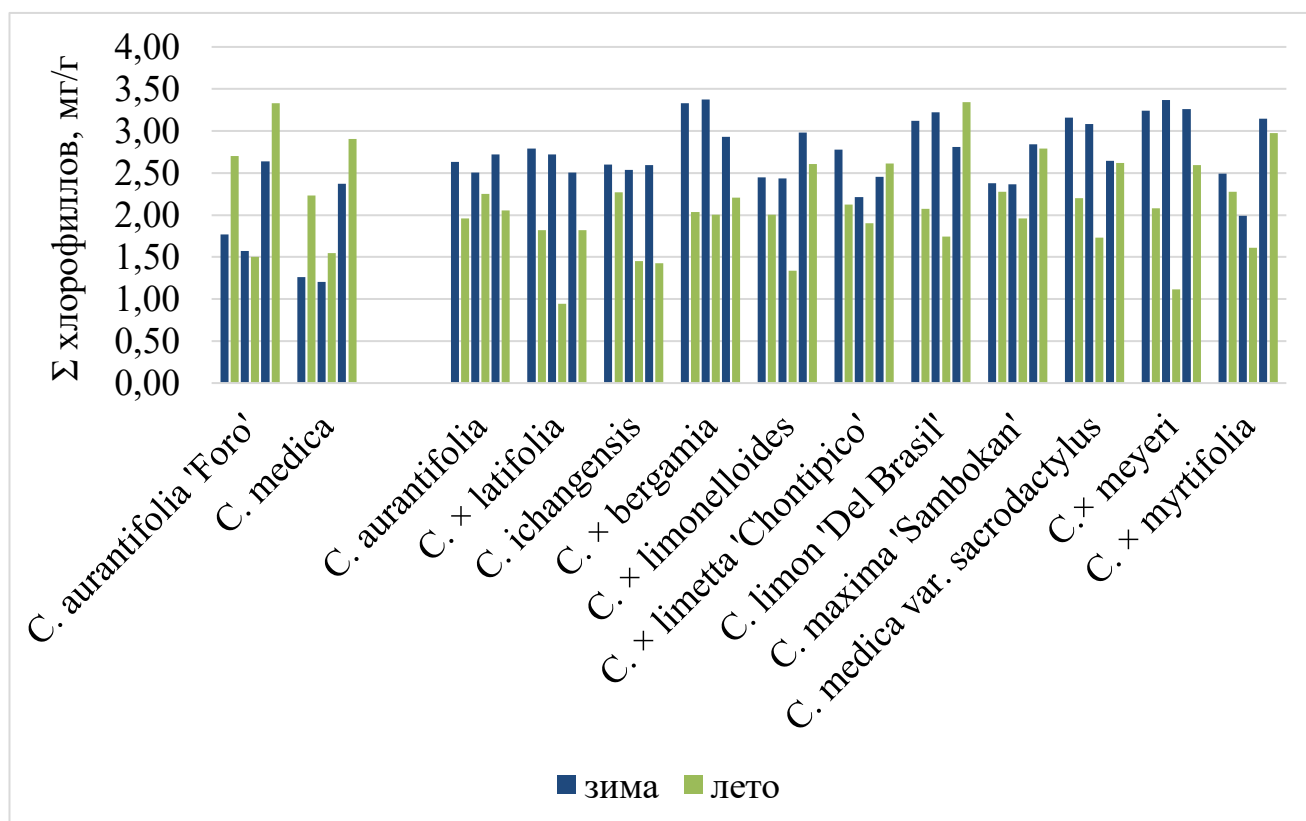


Рисунок 26 – Сумма хлорофиллов в листьях редких плодовых культур из рода *Citrus* в зимне-летний период, среднее за 2020–2022 гг.

Для других изучаемых цитрусовых культур характерно приостановка и снижение синтеза хлорофиллов в стрессовый по гидротермическим условиям летний период. Но стоит отметить, что при более прохладном лете в 2022 году (среднесуточная температура летних месяцев составила +25,8°C), у *C. × limetta* 'Chontipico', *C. limon* 'Del Brasil', наблюдалось незначительно увеличение синтеза хлорофиллов в листьях. Невысокой вариабельностью отличались виды *C. aurantifolia* и *C. × bergamia* (7 и 5 %), что указывает на их достаточную пластичность в летний период (таблица 10).

После летнего максимума, в осенний период (конец октября) у всех изучаемых цитрусовых культур наблюдалось увеличение синтеза хлорофиллов, показатели их суммы находились в пределах 2,15–2,84 мг/г. У *C. aurantifolia* 'Foro', *C. × limetta* 'Chontipico', *C. limon* 'Del Brasil' и *C. maxima* 'Sambokan' в 2022 году отмечалось снижение синтеза хлорофилла (рисунок 27).

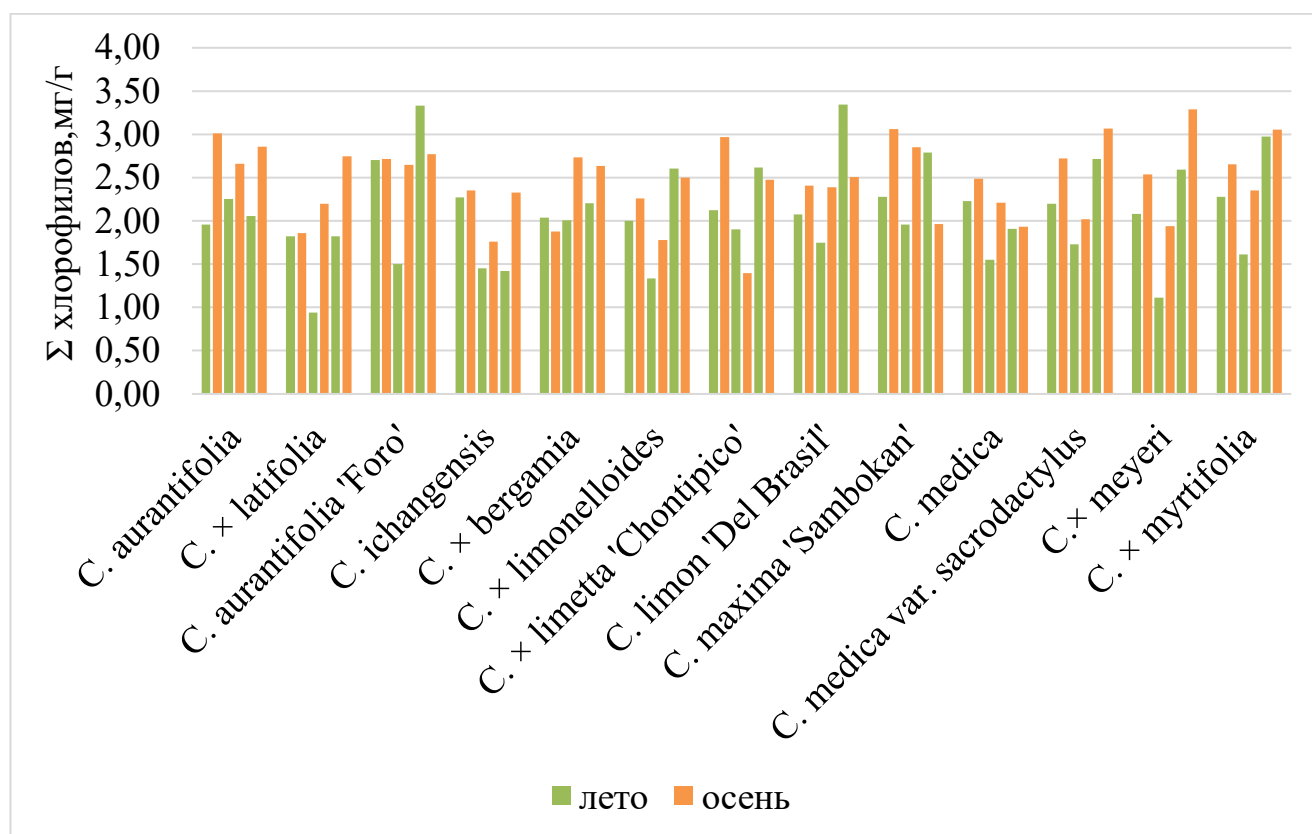


Рисунок 27 – Сумма хлорофиллов в листьях редких плодовых культур из рода *Citrus* в летне-осенний период, среднее за 2020 – 2022 гг.

В результате проведенного анализа по динамике синтеза хлорофиллов в разные периоды года, были выделены виды и сорта *C. ichangensis*, *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. × meyeri*, как более приспособленные к зимним условиям, и *C. aurantifolia* ‘Foro’ и *C. medica* – более приспособлены к условиям летне-осеннего периода. Было подтверждено, что сумма хлорофиллов зависит от видовых особенностей, но она может варьировать в зависимости от гидротермических условий года – увеличиваться или уменьшаться при неблагоприятных зимних/летних стрессорах.

Для установления степени взаимосвязи факторов внешней среды и величины параметров зеленых пигментов был проведен корреляционный анализ, результаты которого представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Коэффициент парной корреляции (r) между содержанием фотосинтетических пигментов в листьях редких плодовых культур из рода *Citrus* и факторов среды, 2020–2022 гг.

Параметры	df	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %
∑хлорофиллов, мг/г*	7	-0,67	0,10
∑каротиноидов, мг/г**	7	-0,58	-0,43

*- зависимость признаков (p) = 0,05; **- зависимость признаков (p) = 0,1; df – число степеней свободы

Так было установлено, что связь между исследуемыми признаками: с температурой – обратная, а с влажностью воздуха – прямая. Сила связи по шкале Спирмена с температурой – средняя (-0,67), а с влажностью воздуха – низкая (-0,10). Уравнение парной линейной регрессии:

$$Y = 2,91982 - 0,02911 * \text{температура}, R^2 = 45,7 \%$$

$$Y = 2,25238 + 0,00206 * \text{влажность}, R^2 = 1,1 \%$$

Таким образом, накопление хлорофиллов на 45,7 % зависит от температуры, и на 1,1 % определяется влажностью воздуха.

Отношение хлорофиллов а/в является одним из определяющих факторов теневыносливости, продуктивности фотосинтеза и урожайности растений. Для большинства видов высших растений, отношение зелёных пигментов

относительно постоянно и равняется в среднем 3,0 мг/г. Величина этого показателя у светолюбивых растений составляет порядка 5,6 мг/г, а у теневыносливых она близка к 2,6 мг/г (Гетко и др., 2019). Нами показано, что у всех исследуемых таксонов, величина соотношения а/б в течение вегетационного периода, соответствовала величине, характерной для теневыносливых растений. Наибольшая величина отмечена в зимний период – она находилась в пределах 2,52–3,05 мг/г, в летний период она составила 2,10–3,11 мг/г и в осенний период – отмечалась в пределах от 2,12 до 2,48 мг/г. Такие показатели вполне характерны для режима выращивания данных редких цитрусовых культур в тепличных условиях, где используется затенение в летний-осенний период. Наиболее светолюбивыми оказались *C. × limonelloides* и *C. medica*, у которых показатель соотношения а/б в среднем в течение года составил 2,88 и 2,70 мг/г соответственно (таблица 11).

Таблица 11 – Динамика соотношения хлорофилла а/б в листьях редких плодовых культур из рода *Citrus* (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

Виды и сорта	Зима	Лето	Осень	Среднее	
	мг/г			мг/г	V, %
<i>C. aurantifolia</i>	2,80±0,3	2,10±1,4	2,45±0,3	2,45	10
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	2,73±0,4	2,46±0,4	2,31±0,2	2,50	11
<i>C. × latifolia</i>	2,62±0,4	2,65±0,7	2,26±0,3	2,51	11
<i>C. ichangensis</i>	2,57±0,4	2,66±0,8	2,20±0,3	2,48	14
<i>C. × bergamia</i>	2,92±0,5	2,44±0,6	2,37±0,4	2,58	13
<i>C. × limonelloides</i>	3,05±0,5	3,11±1,3	2,48±0,5	2,88	15
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	2,52±0,3	2,42±0,8	2,12±0,2	2,35	10
<i>C. limon</i> ‘Del Brasil’	2,56±0,3	2,30±0,3	2,12±0,2	2,33	11
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	2,77±0,6	2,48±0,6	2,21±0,2	2,49	14
<i>C. medica</i>	2,85±0,6	2,92±0,9	2,33±0,3	2,70	16
<i>C. medica</i> var. <i>sacroductylus</i>	2,70±0,5	2,44±0,5	2,23±0,3	2,46	11
<i>C. × meyeri</i>	2,69±0,4	2,34±0,3	2,34±0,2	2,46	10
<i>C. × myrtifolia</i>	2,76±0,5	2,22±0,4	2,27±0,3	2,42	12
HCP _{0,5}	0,28	0,74	0,16	0,39	-

Желтые пигменты (каротиноиды) – важные составляющих пигментного аппарата, которые участвуют в защите зеленых пигментов при неблагоприятных абиотических факторах среды. Известно, что эта группа пигментов выполняет протекторную роль в защитных реакциях растительного организма, следовательно, усиленное накопление каротиноидов в неблагоприятных условиях вегетации необходимо растению для стимулирования адаптивных реакций и снижения общего стресса (Белоус, 2009).

В результате проведенного анализа количественного содержания каротиноидов в листьях редких плодовых культур из рода *Citrus* отмечено, что этот показатель динамичный (рисунок 28).

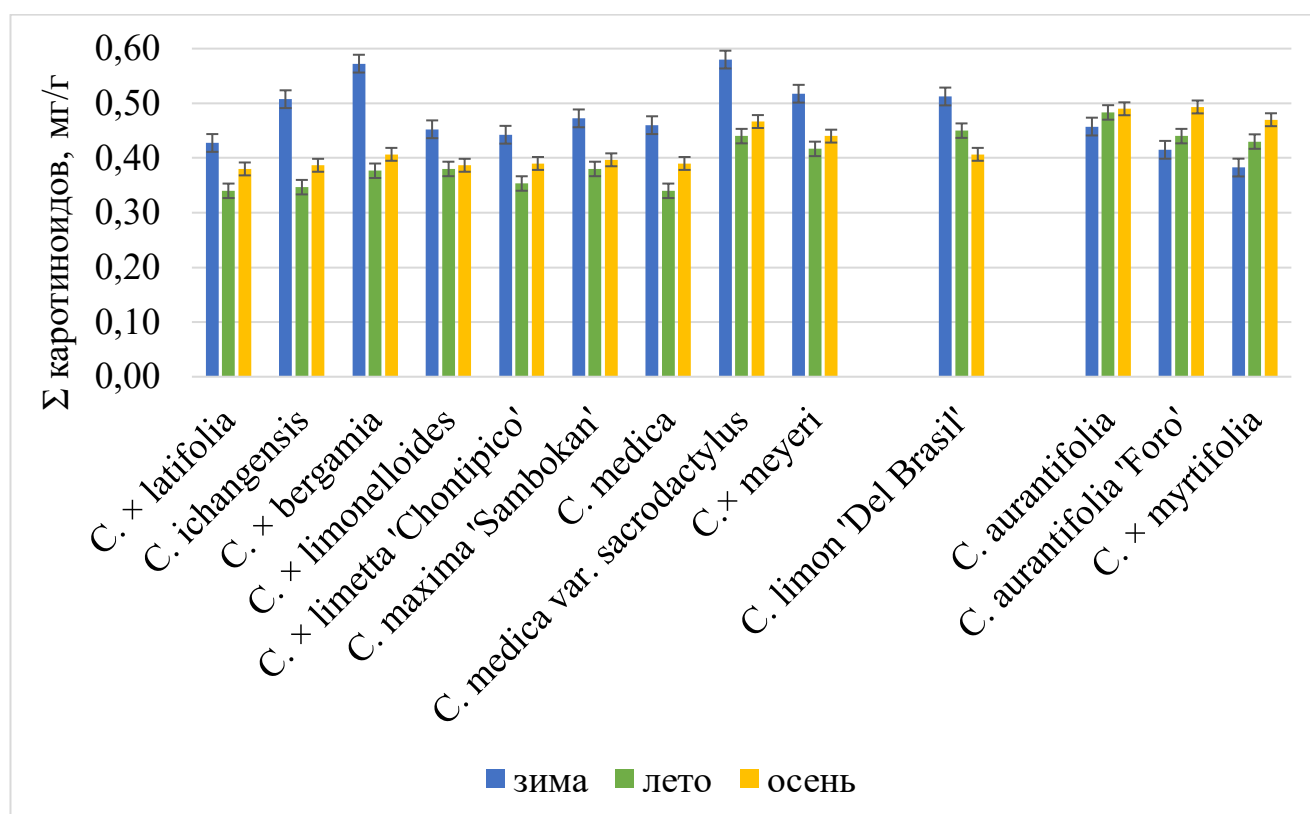


Рисунок 28 – Динамика каротиноидов в листьях изучаемых редких плодовых культур из рода *Citrus*, мг/г, среднее за 2020–2022 гг.

Так, было установлено, что для большинства изучаемых редких цитрусовых характерно наибольшее накопление каротиноидов в зимний период. В среднем по объектам он составил 0,49 мг/г.

По закономерностям накопления каротиноидов все виды и сорта условно можно разделить на группы. В первой группе (*C. × latifolia*, *C. ichangensis*, *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. maxima* ‘Sambokan’, *C. medica*, *C. medica* var. *sacrodactylus*, *C. × meyeri*) максимальный показатель каротиноидов отмечался в зимний период, который находился в пределах 0,43–0,58 мг/г. Далее наблюдалось значительное снижение синтеза каротиноидов в летний период, с незначительным увеличением в осенний (рисунок 28).

Для *C. limon* ‘Del Brasil’, при максимуме в зимний период наблюдается снижение каротиноидов в летний период в среднем до 0,45 мг/г, и далее снижением в осенний период (рисунок 28). Данные показатели предполагают хорошую приспособленность перечисленных таксонов к температурам зимнего периода, но испытывают стресс в летний и осенний период, который ингибирует накопление каротиноидов.

Для *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* ‘Fogo’ и *C. × myrtifolia*, наблюдается обратная динамика – увеличение синтеза каротиноидов в летне-осенний период, что говорит об их адаптивной реакции во время повышенных температур и низкой влажности воздуха. Как правило, усиленное накопление каротиноидов в листьях растения, свидетельствует об их засухоустойчивости (Белоус, 2007).

Корреляционный и регрессионный анализ позволил установить, что связь между исследуемыми признаками с температурой и влажностью воздуха – обратная. Сила связи по шкале Спирмена с температурой – средняя (-0,58), а с влажностью воздуха – низкая (-0,43) (таблица 11). Уравнение парной линейной регрессии:

$$Y = 0,49697 - 0,00348 * \text{температура}, R^2 = 33,7 \%$$

$$Y = 0,51100 + 0,00118 * \text{влажность}, R^2 = 18,4 \%$$

Следовательно, накопление каротиноидов на 33,7 % зависит от температуры и на 18,4 % определяется влажностью воздуха.

Таким образом, впервые исследована сезонная динамика пигментного состава листьев редких плодовых культур из рода *Citrus*, в неконтролируемых условиях теплицы. В итоге, можно сказать, что у всех объектах наблюдается

стабильная работа фотосинтетического аппарата, коэффициент вариации находился в пределах от 10 до 16 %, что указывает на пластичность изучаемых цитрусовых культур к неконтролируемым условиям теплицы во влажных субтропиках России.

Выделены, как самые перспективные для выращивания в неконтролируемых условиях теплицы во влажных субтропиках России, *C. × latifolia*, *C. ichangensis*, *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. maxima* ‘Sambokan’, *C. medica*, *C. medica* var. *sacroductylus*, *C. × meyeri* и *C. limon* ‘Del Brasil’, как более приспособленные к зимним условиям, и *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* ‘Foro’ и *C. × myrtifolia* – более приспособлены к условиям летне-осеннего периода. Отмечено, что при неблагоприятных погодных условиях в зимний период, у *C. maxima* ‘Sambokan’, *C. medica* и *C. × myrtifolia* наблюдается увеличение синтеза хлорофиллов.

В результате дисперсионного анализа, было установлено, что роль вида и сорта в изменчивости признаков несущественна для накопления пигментов и составляет 6–10 %. Минимальное влияние условий года составляет 3,8 %. Остаточная изменчивость, т.е. влияние прочих факторов высокая и составляет от 48,6 до 61,6 %.

3.3.2 Устьичный аппарат как один из механизмов адаптации редких плодовых культур из рода *Citrus*

Одним из важных показателей, определяющих устойчивость вида и сорта к условиям гидротермического стресса, является характеристика устьичного аппарата. Главные функции листа, которые выполняют устьица – газообмен и транспирация. На стабильность прохождения этих процессов могут оказывать влияние погодные условия года, которые благодаря устьицам регулируются. Поэтому, зная характеристику устьичного аппарата, а именно их размеры и общее количество на поверхности листа, можно говорить о приспособленности и адаптивности растения к условиям произрастания. Особенно эта информация

будет полезна в летний период, когда могут наблюдаться высокие температуры с сопровождением пониженной влажности воздуха.

Было установлено, что устьица эпидермиса листа были расположены неравномерно и без определенного направления. Меньше всего устьиц расположено вблизи жилок, по сравнению с другими областями листа. Тип устьиц у всех изучаемых видов и сортов – аномоцитный, овальной или округлой формы.

Результаты микроскопического исследования морфологии устьичного аппарата редких плодовых культур из рода *Citrus* показаны на рисунке 29.

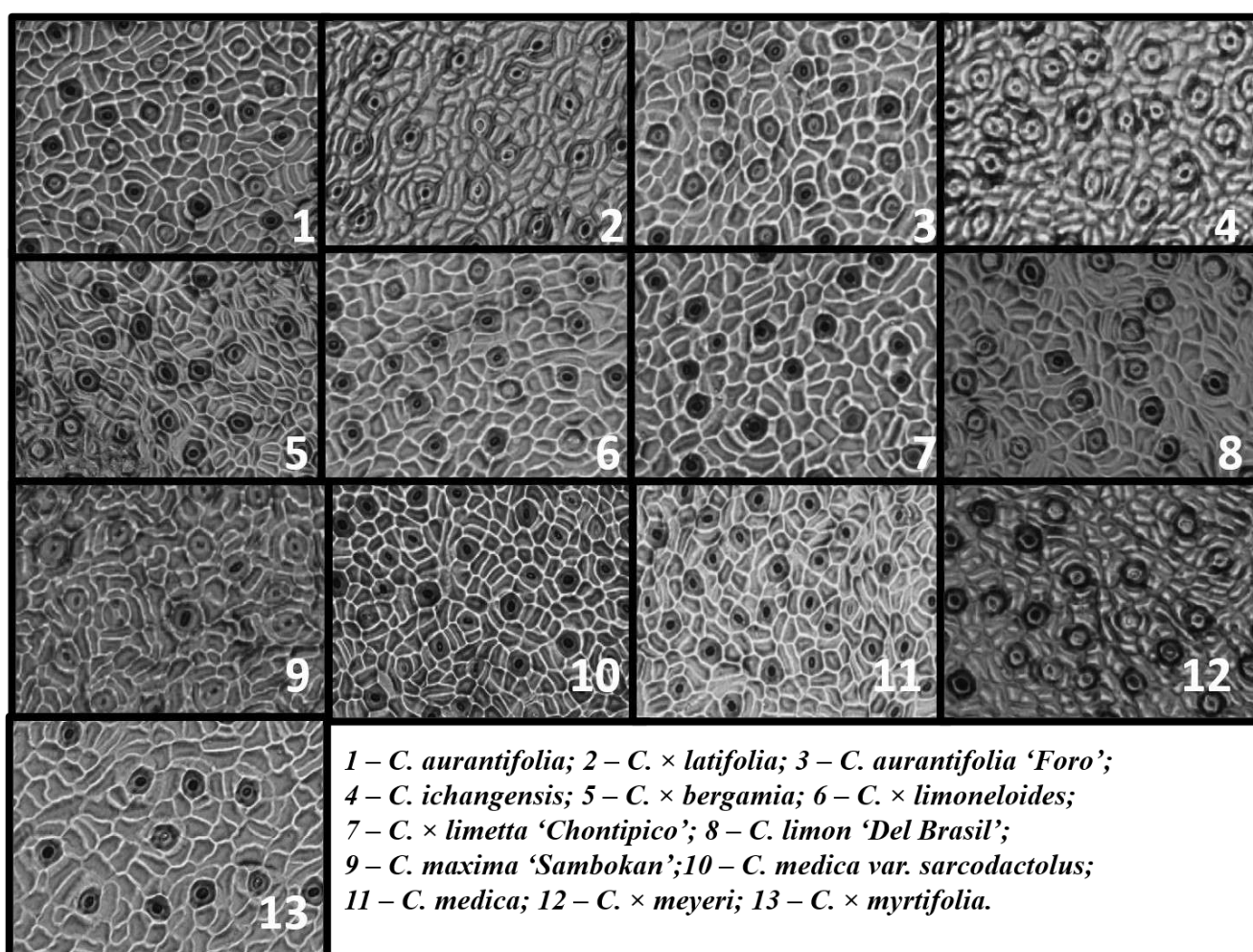


Рисунок 29 – Морфологическая характеристика устьичного аппарата редких плодовых культур из рода *Citrus* (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы)

В зависимости от генотипа, плотность устьиц в среднем варьировало от 278 до 883 устьиц на 1 мм² (таблица 12). Наибольшая плотность устьиц была

отмечена у *C. aurantifolia*, *C. medica*, *C. medica* var. *sarcodactylus* и *C. × meyeri*, и варьировала в пределах 780...883 устьиц на 1 мм², а наименьшее количество – у *C. × latifolia*, *C. × bergamia*, *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. × myrtifolia* и составила от 278 до 490 устьиц на 1 мм². Было установлено, что показатели плотности устьиц не зависели от площади листовой пластинки ($R^2 = 0,08$). Так у *C. medica* отмечалось самое большое количество устьиц на 1 мм² (883 шт.) при средней площади листа 37,28 см². Наибольшая площадь отмечена у *C. limon* ‘Del Brasil’ (46,58 см²), при этом плотность устьиц составила 470 устьиц на 1 мм², что говорит о сортоспецифичности данного показателя.

Таблица 12 – Характеристика устьичного аппарата редких плодовых культур из рода *Citrus* в неконтролируемых условиях теплицы влажных субтропиков России

Виды и сорта	Площадь листа, см ²	Размеры устьиц, мкм		Плотность расположения устьиц, шт./мм ²
		длина	ширина	
<i>C. aurantifolia</i>	22,55	21,4±1,29	18,2±1,10	780
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	25,60	23,4±1,98	19,9±2,06	563
<i>C. × latifolia</i>	22,90	27,9±1,90	23,3±1,43	425
<i>C. ichangensis</i>	49,00	22,9±2,42	20,0±1,87	623
<i>C. × bergamia</i>	38,04	26,3±2,60	21,3±1,33	490
<i>C. × limonelloides</i>	22,17	23,1±1,20	19,8±1,11	628
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	27,91	23,5±2,59	19,9±1,80	540
<i>C. limon</i> ‘Del Brasi’	46,58	24,8±1,67	21,3±1,03	470
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	46,17	23,4±1,17	19,6±0,74	665
<i>C. medica</i>	37,28	22,7±1,74	18,5±0,71	883
<i>C. medica</i> var. <i>sarcodactylus</i>	28,17	23,4±1,47	19,3±0,89	753
<i>C. × meyeri</i>	24,68	23,9±1,43	20,6±1,17	785
<i>C. × myrtifolia</i>	4,98	25,2±2,37	21,2±2,25	278
HCP _{0,5}	-	1,06	0,79	-

Каждое растение должно поддерживать движение воды от почвы к листу, быстрая реакция устьиц на изменение окружающей среды является важной особенностью этого процесса и во многом зависит от размера устьиц. Существует связь между размером, количеством устьиц и чувствительностью к усилению

засухи. Крупные устьица закрываются медленнее и демонстрируют большой потенциал гидравлической дисфункции, в условиях засухи (Drake, 2013). Исходя из этого, можно предположить, что для растений, произрастающих во влажных и затененных условиях, важной особенностью являются большие размеры устьиц, но их медленная и динамическая реакция может привести к проблемам в сухих условиях.

Анализ устьиц исследуемых видов показал, что наибольшие размеры имели *C. aurantifolia* 'Tahiti', *C. limon* 'Del Brasil', *C. × myrtifolia*, их длина варьировала в пределах 24,8–27,9 мкм, ширина – 21,3–23,3 мкм. Наименьшие размеры устьиц у *C. aurantifolia*, *C. × bergamia*, *C. medica* и *C. medica* var. *sarcodactylus*, их длина – 21,4–23,4 мкм, ширина – 18,2–19,3 мкм (таблица 12). Можно сделать вывод, что для высокой продуктивности *C. × latifolia*, *C. limon* 'Del Brasil' и *C. × myrtifolia*, требуются обильный полив и постоянное поддержание высокой влажности воздуха. Следовательно, более мелкие устьица могут открываться и закрываться быстрее крупных, и их общая ассоциация с высокой плотностью обеспечивает возможность быстрого увеличения устьичной проводимости листа, максимизируя диффузию CO₂ в лист при благоприятных условиях для фотосинтеза.

Таким образом, более плотные мелкие устьица позволяют растению иметь повышенную адаптационную способность к изменениям окружающей среды. Исходя из этого, среди изучаемых редких плодовых культур из рода *Citrus*, такими характеристиками устьичного аппарата обладают в большей степени *C. aurantifolia* и *C. medica*, которые имеют высокую плотность и маленькие размеры устьиц, а также *C. × meyeri* и *C. medica* var. *sarcodactylus*.

В результате проведенного анализа устьичного аппарата исследуемых редких цитрусовых были выявлены различия по основным показателям, характеризующих устьичный аппарат. Это, вероятно, связано с генетической особенностью каждого вида, сорта и местом его происхождения, но в то же время они могли претерпеть микроморфологические изменения для приспособления в связи с изменениями условий их произрастания.

Таким образом, выделены виды и сорта с крупными (27,9–23,3 мкм) и наименьшим количеством (278–490 на 1мм²) устьиц – *C. aurantifolia* ‘Tahiti’, *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. × bergamia*, *C. × myrtifolia*, которые требовательны к поливу и влажности воздуха, а также хорошо переносят затенение. Определены виды и сорта с наибольшим количеством (623–883 на 1мм²) и наименьшими размерами (21,4–18,2 ... 23,9–20,6 мкм) – *C. aurantifolia*, *C. medica*, *C. × meyeri*, *C. × limonelloides*, *C. ichangensis*, *C. maxima* ‘Sambokan’, что обуславливает устойчивость растений к засухе.

Выявленные различия в строении устьичного аппарата, подтверждают значимость этого признака как для характеристики каждого вида и сорта, так и для выделения более адаптивных форм к условиям выращивания.

3.3.3 Оценка устойчивости редких плодовых культур из рода *Citrus* к доминирующим вредителям в условиях влажных субтропиков России

Устойчивость растений к доминирующим вредителям является важным признаком при возделывании культуры в различных почвенно-климатических условиях. Благоприятные условия влажных субтропиков способствовали распространению не только цитрусовых, но и большому количеству вредителей. Вред, причиняемый вредителями разным частям растения, может в значительной степени привести к ухудшению состояния растения, что приводит к снижению урожайности и качество плодов. Поэтому своевременный фитосанитарный мониторинг растений на наличие вредителей наряду с агротехническими мероприятиями, позволит избежать этих последствий, а устойчивость растений к доминирующим вредителям позволит сократить применение различных способов защиты культуры.

В связи с этим, нами был проведенный мониторинг по наличию вредителей цитрусовых культур в неконтролируемых условиях. В результате была дана оценка устойчивости редких плодовых культур из рода *Citrus* к доминирующим

вредителям. Степень повреждения на разных частях растения оценивалась по 5-ти балльной шкале.

Среди сосущих вредителей были обнаружены и отмечены следы повреждений таких вредителей, как красный цитрусовый клещ (*Panonychus citri* McGregor), серебристый цитрусовый клещ (*Phyllocoptruta oleivora* Ashmead) и цитрусовая белокрылка (*Dialeurodes citri* Ashmead) (рисунок 30).



Рисунок 30 – Повреждения редких плодовых культур из рода *Citrus*:

1 – красным цитрусовым клещем; 2 – серебристым цитрусовым клещем;
3 – цитрусовой белокрылкой

Оценка устойчивости редких плодовых культур из рода *Citrus* к доминирующим сосущим вредителям представлена в таблице 13.

В результате проведенных наблюдений, было установлено, что наиболее устойчивыми к повреждению клещами и белокрылкой оказались, *C. ichangensis*, *C. maxima* ‘Sambokan’ и *C. × myrtifolia* на которых повреждений не отмечалось или они были незначительными (1,3 балла и менее). Вероятно, это связано с тем, что эти таксоны имеют более жёсткую листовую пластинку с толстой кутикулой и биохимическим их составом.

Наиболее восприимчивыми оказались такие виды и сорта, как *C. × bergamia*, *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. medica* var. *sarcodactylus* и *C. × meyeri*, степень их повреждения сосущими фитофагами составляла от 2 до 3 баллов, что приводило к потере окраски листьев, к деформации повреждённых органов, преждевременному листопаду.

Таблица 13 – Степень повреждения редких плодовых культур из рода *Citrus* доминирующими сосущими вредителями (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), балл, 2020 – 2022 гг.

Виды и сорта	Красный цитрусовый клещ			Серебристый цитрусовый клещ			Цитрусовая белокрылка		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
<i>C. aurantifolia</i>	1,0	1,3	1,7	-	1,0	1,0	1,3	1,7	0,3
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	1,0	1,3	1,7	1,0	1,3	1,3	1,7	2,0	0,3
<i>C. × latifolia</i>	1,0	1,7	1,7	-	1,3	2,7	1,0	1,3	0,3
<i>C. × bergamia</i>	2,3	3,0	3,0	0,7	1,7	1,7	2,3	2,7	0,3
<i>C. ichangensis</i>	-	-	0,3	-	0,3	-	-	-	-
<i>C. limon</i> ‘Del Brasil’	1,3	2,0	2,3	-	0,7	0,3	-	0,3	-
<i>C. × limonelloides</i>	1,6	2,0	2,3	1,3	1,7	2,0	0,7	1,3	0,3
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	1,6	2,7	2,7	1,7	2,3	2,3	2,0	2,3	1,0
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	-	-	0,3	-	0,3	0,3	0,7	0,7	-
<i>C. medica</i>	1,3	2,0	2,7	0,7	1,0	0,7	1,0	2,3	1,0
<i>C. medica</i> var. <i>sarcodactylus</i>	1,3	1,8	2,7	1,7	1,7	1,7	1,0	2,7	1,3
<i>C. × meyeri</i>	2,0	2,0	2,3	2,0	2,3	2,7	2,0	2,7	1,0
<i>C. × myrtifolia</i>	-	-	0,3	1,0	1,3	1,0	-	-	-

Примечание: прочерк в таблице обозначает, что растения данного таксона не повреждались тем или иным вредителем.

Наиболее вредоноснее в 2020–2022 гг. для редких плодовых культур из рода *Citrus* оказались листогрызущие и минирующие вредители. Среди вредителей, относящиеся к этой группе, были обнаружены и отмечены следы повреждений таких вредителей как цитрусовая минирующая моль (*Phyllocnistis citrella* Stainton) и голые слизни и улитки (полевой, или пашенный слизень (*Deraceras agreste* L.) и кавказская пармацелла (*Parmacella ibera* Eichwald)). Степень повреждения от этих вредителей у некоторых изучаемых видов и сортов оценивалось в 3–4 балла.

Наиболее благоприятные условия 2021–2022 гг., способствовали размножению и распространению этих вредителей, что привело к значительным повреждениям молодого прироста и плодов (рисунок 31).



Рисунок 31 – Повреждения редких плодовых культур из рода *Citrus*:
1 – цитрусовой минирующей молью; 2 – голыми слизнями и улитками

Так, наибольшая степень повреждений голыми слизнями и улитками за годы исследований отмечена на *C. aurantifolia* ‘Tahiti’, *C. × bergamia*, *C. × limetta* ‘Chontipico’ и *C. medica* var. *sarcodactylus*, которая оценивалась в 3,3–4,0 балла.

Наибольший вред был нанесён плодам и листьям. И только на *C. ichangensis* и *C. × myrtifolia* за годы исследований повреждений голыми слизнями не обнаружено или они были незначительными (0,3 балла).

В летне-осенний период 2021 г., в период активного роста цитрусовых, наблюдался подъём численности цитрусовой минирующей моли, что привело к интенсивному повреждению молодого прироста. На Черноморском побережье Краснодарского края и Абхазии вспышки массового размножения этого вредителя наблюдались в 1999–2002, 2006–2009 и в 2016–2017 гг. (Айба и др., 2018). Вероятно, 2021 г. был годом начала очередной вспышки массового размножения цитрусовой минирующей моли, которая продолжилась и в 2022 году. Так, степень повреждения почти всех исследуемых видов и сортов

оценивалась в 3–4 балла (таблица 14). Наиболее устойчивым оказались *C. × ichangensis*, *C. maxima* ‘Sambokan’ и *C. × myrtifolia*, на которых следы повреждений составили менее 5 % листовой поверхности (0,3–1,0 балл). Возможно, здесь также, как и в случае с сосущими фитофагами, свою роль сыграло строение листовой пластинки.

Таблица 14 – Степень повреждения редких плодовых культур из рода *Citrus* доминирующими листогрызущими вредителями, (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), балл, 2020–2022 гг.

Виды и сорта	Цитрусовая минирующая моль			Голые слизни и улитки		
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
<i>C. aurantifolia</i>	0,7	2,3	2,7	0,7	2,3	2,0
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	0,7	2,7	2,3	0,7	2,7	2,3
<i>C. × latifolia</i>	1,0	3,7	3,7	1,0	3,7	3,3
<i>C. × bergamia</i>	-	4,0	3,7	-	4,0	2,7
<i>C. ichangensis</i>	-	0,3	1,3	-	0,3	0,3
<i>C. limon</i> ‘Del Brasil’	-	3,3	3,3	-	3,3	2,7
<i>C. × limonelloides</i>	-	2,7	3,0	-	2,7	2,7
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	1,0	4,0	3,7	1,0	4,0	3,3
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	-	1,0	1,0	-	1,0	0,7
<i>C. medica</i>	1,0	3,0	3,0	1,0	3,0	3,0
<i>C. medica</i> var. <i>sarcodactylus</i>	1,0	4,0	4,0	1,0	4,0	3,3
<i>C. × meyeri</i>	-	4,0	4,0	-	4,0	4,0
<i>C. × myrtifolia</i>	-	0,3	1,3	-	0,3	0,3

Примечание: прочерк в таблице обозначает, что растения данного вида и сорта не повреждались тем или иным вредителем.

Широко распространённые виды фитофагов цитрусовых, такие как трипсы, кокциды, шерстистая белокрылка, цикадки и коричнево-мраморный клоп, не были отмечены на редких цитрусовых культурах.

В результате фитосанитарного мониторинга по наличию болезней, были выявлены незначительные (0,5–1,0 балл) поражения антракнозом (возбудитель *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.) и серой гниль (возбудитель

Botrytis cinerea Pers.). В основном поражения серой гнилью наблюдались на соцветиях в сырую и прохладную погоду во время цветения, что приводило к прекращению развития генеративных органов.

В результате проведенных наблюдений, было установлено, что наиболее устойчивым к комплексу вредителей являются *C. ichangensis*, *C. maxima* 'Sambokan' и *C. × myrtifolia*, на которых за годы исследований повреждения не превышали 5 % (0,3–1,0 балл) или вовсе не обнаружались, что, вероятно, связано с анатомическим строением их листового аппарата. Наиболее вредоносными для редких плодовых культур из рода *Citrus*, оказались листогрызущие вредители - цитрусовая минирующая моль, голые слизни и улитки. Наиболее восприимчивыми к доминирующим вредителям оказались *C. × bergamia*, *C. × limetta* 'Chontipico', *C. × meyeri* и *C. medica* var. *sarcodactylis*, у которых за годы исследований степень повреждения достигала от 3 до 4 баллов. Также было установлено, что наиболее благоприятные гидротермические условия года, способствуют повышению популяции и ее распространению.

3.4 Качественная характеристика плодов редких плодовых культур из рода *Citrus* в неконтролируемых условиях теплицы влажных субтропиков России

Современный потребительский рынок плодовой продукции предъявляет высокие требования к качественным характеристикам плодов. Большую популярность имеют растения, плоды которых обладают высокими вкусовыми и товарными качествами. Плоды цитрусовых отличаются от других плодовых культур богатым химическим составом, который определяет их высокие вкусовые качества и придает им большую пищевую, диетическую и лечебную ценность. Известно, что основные показатели, определяющие качественную характеристику плодов, зависят от видовых и сортовых особенностей, но они могут варьировать в зависимости от погодных условий года, состояния растения, агротехнических

мероприятий и т.д. (Абильфазова, 2019; Дорошенко, 2022; Белоус, Притула, 2007).

В данном разделе представлены результаты исследований по изучению качественной характеристики плодов исследуемых редких цитрусовых культур, включающий результаты механического и биохимического анализа, который позволил выделить наиболее лучшие виды и сорта по этим показателям.

3.4.1 Механический анализ плодов редких цитрусовых культур

Плоды цитрусовых характеризуются высокими товарными качествами (масса плода, тонкокорость, сочность, а также отсутствие семян). По размеру плоды рода *Citrus* сильно различаются и колеблются от 3 см в диаметре у кумкватов (кинкан) (*C. margarita* (= *Fortunella*)) до более 20 см в диаметре у помпельмуса (*C. maxima*), размер и масса которых обусловлены генетическими особенностями, однако может незначительно варьировать под влиянием различных факторов среды и приемов агротехники.

Для более полной характеристики редких плодовых культур из рода *Citrus* были проведены биометрические измерения и механический анализ плодов редких цитрусовых.

В результате проведенных исследований, было установлено, что средняя масса плода изучаемых видов и сортов варьировала в пределах от 30,3 (*C. aurantifolia*) до 231,4 г (*C. maxima* ‘Sambokan’) (таблица 15). На основе полученных данных, по массе и размеру плода редкие плодовые культуры из рода *Citrus* были разделены на три группы:

– в группу мелкоплодных вошли *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* ‘Foro’, *C. ichangensis*, *C. × limonelloides*, *C. × myrtifolia*, средняя масса плодов которых варьировала в пределах от 30,3 до 48,6 г. размеры плодов от 4,5–4,9 × 3,9–4,3 см.

– в группу со средней массой плода вошли *C. × latifolia*, *C. × bergamia*, *C. × limetta* ‘Chontipico’ и *C. × meyeri*, средняя масса варьировала от 91,7 до 115,2 г, размеры плодов от 7,6–7,8 × 5,6–6,8 см.

– в группу крупноплодных вошли *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. maxima* ‘Sambokan’, *C. medica* и *C. medica* var. *sarcodactylus*, средняя масса варьировала от 145,7 до 231,4 г, размеры плодов от 8,8–10,2 × 8,4–9,4 см.

Таблица 15 – Биометрические показатели плодов редких плодовых культур из рода *Citrus* (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

Виды и сорта	Размер плода, см		Толщина кожуры, мм	Масса плода	
	длина	ширина		грамм	V, %
<i>C. aurantifolia</i>	4,6 ±0,2	3,9 ±0,1	2	30,3 ±1,6	5
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	4,9 ±0,2	4,0 ±0,2	2	46,8 ±2,9	15
<i>C. × latifolia</i>	7,8 ±0,2	5,7 ±0,4	2	91,7 ±24,0	26
<i>C. × bergamia</i>	8,7 ±0,5	6,8 ±0,3	5	106,2 ±19,5	22
<i>C. ichangensis</i>	4,6 ±0,1	4,3 ±0,1	5	46,7 ±11,2	24
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	7,8 ±0,6	7,5 ±0,4	3	111,2 ±54,2	49
<i>C. limon</i> ‘Del Brasil’	8,8 ±0,6	9,1 ±0,5	5	169,8 ±84,9	50
<i>C. × limonelloides</i>	4,8 ±0,3	4,0 ±0,2	2	48,6 ±7,3	6
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	9,0 ±0,9	9,4 ±0,7	3	231,4 ±94,3	41
<i>C. medica</i>	9,3 ±0,4	9,2 ±0,3	15	162,2 ±10,7	7
<i>C. medica</i> var. <i>sarcodactylus</i>	10,2 ±0,4	8,4 ±0,4	-*	145,7 ±15,9	12
<i>C. × meyeri</i>	7,6 ±0,4	5,6 ±0,3	3	115,2 ±16,7	14
<i>C. × myrtifolia</i>	4,5 ±0,1	4,3 ±0,1	3	43,6 ±8,1	5
НСР _{0,5}	0,32	0,31	-	42,0	-

Примечание: * – плод полностью состоит из альbedo и флаведо

Высокая вариабельность массы плодов за годы исследований была отмечена у *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. limon* ‘Del Brasil’ и *C. maxima* ‘Sambokan’ (V = 41–50 %), низкой вариабельностью отличаются плоды *C. aurantifolia*, *C. × limonelloides*, *C. medica* и *C. × myrtifolia* (V = 5–7 %).

Существует четкая разница между толщиной кожуры (альbedo и флаведо) плодов основных групп цитрусовых, имеющих коммерческое значение: например, апельсины (*C. sinensis*) 5–10 мм, помпельмусы (*C. maxima*) и грейпфруты (*C. paradisi*) >10 мм, лимоны (*C. limon*) 5 ±2 мм, а мандарин (*C. unshiu* и *C. reticulata*) менее 3 мм (Cronjé et al, 2017). На рынке свежих плодов высоко ценится тонкая, легко отделяющаяся кожура плода.

В результате проведенного анализа, почти у всех исследуемых объектов средняя толщина кожуры варьировала в пределах от 2 до 5 мм, в результате чего наблюдалось превалирование массы мякоти над массой кожуры (таблица 16). Для *C. medica* было характерно наличие очень толстого слоя мезокарпия (флаведо) (15 мм), поэтому наблюдалось больше кожуры (55 %), чем мякоти (26,6%), а у его разновидности *C. medica* var. *sarcodactylus* и вовсе мякоти не отмечалось. В связи с чем дальнейший анализ по выходу сока и содержанию сухих веществ не определялся для вида *C. medica* var. *sarcodactylus*.

Таблица 16 – Механический состав плодов редких плодовых культур из рода *Citrus* (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), среднее за 2020–2022 гг.

Виды и сорта	Масса*, %			Выход сока*, %	Сухое вещество, %	
	кожура	мякоть	семена		в кожуре	в мякоти
<i>C. aurantifolia</i>	21,0	62,5	16,5	57,2	19,4 ±0,3	10,0 ±0,1
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	25,3	56,1	18,6	52,7	15,6 ±0,7	10,0 ±0,3
<i>C. × latifolia</i>	30,6	69,4	0	41,5	15,5 ±0,1	10,1 ±0,1
<i>C. × bergamia</i>	42,0	49,9	8,1	33,3	19,6 ±0,1	12,7 ±0,9
<i>C. ichangensis</i>	42,5	24,0	33,5	10,7	34,4 ±0,5	17,3 ±0,5
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	21,2	73,6	5,2	44,5	24,4 ±0,5	11,6 ±0,6
<i>C. limon</i> ‘Del Brasil’	34,6	53,3	12,1	47,0	17,6 ±0,3	10,7 ±0,3
<i>C. × limonelloides</i>	22,8	57,1	20,1	44,1	19,7 ±0,5	12,1 ±0,3
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	20,0	59,1	20,9	51,3	24,5 ±0,5	10,5 ±0,6
<i>C. medica</i>	55,0	26,6	18,4	19,2	19,7 ±0,6	11,5 ±0,3
<i>C. medica</i> var. <i>sarcodactylus</i>	100,0	-	-	-	20,7 ±0,6	-
<i>C. × meyeri</i>	26,0	68,8	5,2	51,3	18,1 ±0,1	10,1 ±0,1
<i>C. × myrtifolia</i>	38,3	47,9	13,8	42,0	21,2 ±0,3	12,1 ±0,6

Примечание: * – расчет проводился на 1 кг плодов

Не менее важной характеристикой плодов является его сочность, а именно выход сока. Это в первую очередь важно для перерабатывающей промышленности, а также в пищевом и кондитерском производстве. Так, высокой сочностью плодов характеризовались *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* ‘Foro’,

C. maxima ‘Sambokan’ и *C. × meyeri*, выход сока у которых превышал 50 %, и варьировал в пределах от 51,3 до 57,2 %.

Данные показатели являются высокими, исходя из требований мирового стандарта, касающегося сбыта и контроля товарного качества плодов цитрусовых (Стандарт ЕЭК ООН FFV – 14,2017). Наименьшее содержание сока имеют плоды *C. medica* и *C. ichangensis*, которое составило 19,2 и 10,7 %, соответственно.

Отсутствие семян является важной хозяйственной характеристикой, определяющей качество плодов и очень желательной для свежих фруктов. Бессемянные плоды обладают многими положительными свойствами, включая высокое качество и вкус, которые ценятся как потребителями, так и перерабатывающей промышленностью. Интерес потребителей к бессемянным плодам цитрусовых, таким как апельсины, мандарины и лимоны имеет тенденцию к увеличению, поэтому отсутствие семян является основной целью селекционеров.

Между исследуемыми видами и сортами наблюдали значительные различия в количестве семян на плод: от 5,2 % у *C. × limetta* ‘Chontipico’ и *C. × meyeri* до 33,5 % у *C. ichangensis*. Только *C. × latifolia* имеет бессемянные плоды, что подтверждается его триплоидным набором хромосом. Так как для вида *C. medica* var. *sarcodactylus* характерно отсутствие мякоти, следовательно семена не развиваются. Поэтому для данного вида размножение возможно только вегетативным путем (черенкование, окулировка и т.д.).

Содержание сухих веществ в мякоти исследуемых видов и сортов варьировала от 10,0 до 17,0 %. Наибольшее содержание как в кожуре, так и в мякоти отмечено у *C. ichangensis*, которое составило 17,3 и 12,7 %, наименьшее у всех трех лаймов и у *C. × meyeri* (от 10,0 до 10,1 %).

Результаты проведенного механического анализа плодов редких плодовых культур из рода *Citrus*, позволили выделить сорт *C. maxima* ‘Sambokan’, плоды которого отличаются наилучшими товарными качествами (крупноплодность, тонкокорость, выход сока и содержание сухих веществ в кожуре и мякоти). Кроме того, *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* ‘Fogo’ и *C. × meyeri* отличаются высоким

выходом сока из мякоти, что также интересно для перерабатывающей промышленности в качестве производства напитков. *C. medica* и *C. medica* var. *sarcodactylus* из-за большого количества альbedo и флаведо, могут служить хорошим источником для экстракции эфирных масел, пектина и клетчатки.

3.4.2 Оценка урожайности редких плодовых культур из рода *Citrus*

Главным хозяйственно-ценным показателем продуктивности плодовых культур, в том числе и цитрусовых, является урожайность. Как было отмечено выше, некоторые виды и сорта цитрусовых способны проявлять ремонтантность, в результате чего на растении могут наблюдаться плоды разной стадии созревания. Поэтому, при расчете урожайности за основу брали весеннее цветение. Установлено, что на урожайность могут оказывать влияние погодные условия года (рисунок 32).

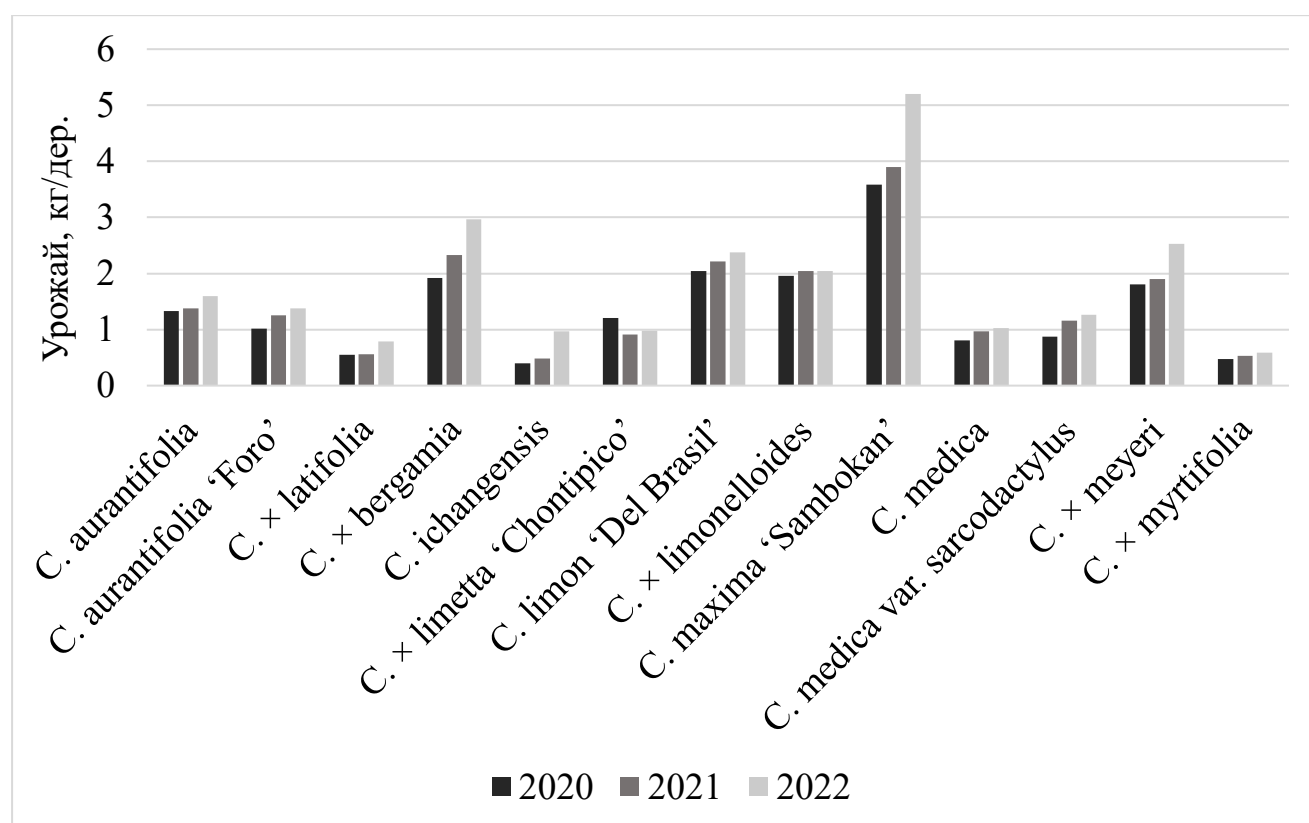


Рисунок 32 – Урожай редких плодовых культур из рода *Citrus* (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

В 2020 году во время цветения и формирования завязи, наблюдалась высокая температура с сопровождением пониженной влажности воздуха, что в значительной степени повлияло на опыление и завязывание плодов, и соответственно привело к более низкой урожайности в сравнении с 2021–2022 гг. Урожай всех изучаемых видов и сортов в 2021 году находился в пределах от 0,4 (*C. ichangensis*) до 3,58 кг с дерева (*C. maxima* ‘Sambokan’).

Наибольшие показатели продуктивности отмечены в 2022 году, когда в весенний период наблюдались более оптимальные гидротермические условия, которые способствовали увеличению процента завязывания плодов. Так, урожай в 2022 году варьировал от 0,59 (*C. × myrtifolia*) до 5,2 кг с дерева (*C. maxima* ‘Sambokan’). У ряда видов различия были незначительными, например, у *C. × latifolia*, *C. × myrtifolia*, *C. medica* – 3–5 %, в то время как у *C. ichangensis* разница между 2022 и 2020 годом составила 142 %. Лишь только у сорта *C. × limetta* ‘Chontipico’ наблюдали более высокий урожай в 2020 (1,21 кг/дер.), что на 25 и 19 % выше в сравнении с 2021 и 2022 гг., соответственно.

В результате многолетних наблюдений, было установлено, что наибольшими показателями продуктивности отмечен сорт *C. maxima* ‘Sambokan’, средняя урожайность составила 4,2 кг/дер. или 5,3 т/га, затем следовали такие виды и сорта как *C. × bergamia* (2,4 кг/дер. или 3,0 т/га), *C. limon* ‘Del Brasil’ (2,2 кг/дер. или 2,8 т/га) и *C. × meyeri* (2,1 кг/дер. или 2,6 т/га). Наименьшие показатели отмечены у видов *C. × myrtifolia* и *C. ichangensis*, урожайность составила 0,5 и 0,6 кг/дер. или 0,6 и 0,8 т/га, соответственно (таблица 17). Между показателями урожая и массы плода наблюдалась положительная корреляция ($r = 0,62$).

Таблица 17 – Средний урожай редких плодовых культур из рода *Citrus* (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы) 2020–2022 гг.

Виды и сорта	Урожайность			V, %
	Средняя масса плода, г	кг/дер.	т/га	
1	2	3	4	5
<i>C. aurantifolia</i>	30,3 ±1,6	1,4	1,8	10%
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	46,8 ±2,9	1,2	1,5	15%
<i>C. × latifolia</i>	91,7 ±24,0	1,4	1,8	1%

1	2	3	4	5
<i>C. × bergamia</i>	106,2 ±19,5	2,4	3,0	22%
<i>C. ichangensis</i>	46,7 ±11,2	0,6	0,8	50%
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	111,2 ±54,2	1,0	1,3	15%
<i>C. limon</i> ‘Del Brasil’	169,8 ±84,9	2,2	2,8	8%
<i>C. × limonelloides</i>	48,6 ±7,3	2,0	2,5	2%
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	231,4 ±94,3	4,2	5,3	20%
<i>C. medica</i>	162,2 ±10,7	0,9	1,1	12%
<i>C. medica</i> var. <i>sarcodactylus</i>	145,7 ±15,9	1,1	1,3	18%
<i>C. × meyeri</i>	115,2 ±16,7	2,1	2,6	19%
<i>C. × myrtifolia</i>	43,6 ±8,1	0,5	0,6	11%

Наиболее стабильное плодоношение за годы исследований отмечено у *C. × latifolia*, *C. limon* ‘Del Brasil’ и *C. × limonelloides*, коэффициент вариации находился в пределах 1–8 %. Наибольший показатель коэффициента вариации отмечен у вида *C. ichangensis* (50 %), что говорит о зависимости показателей урожая данного вида от гидротермических условий года.

3.4.3 Биохимический анализ плодов редких плодовых культур из рода

Citrus

В настоящее время особое внимание уделяется качеству плодов, так как именно оно определяет конкурентоспособность и перспективность использования продукта в свежем виде или для переработки (Дорошенко, 2020). Вкусовые качества и питательная ценность плодов зависят от химического состава. Содержание различных веществ в первую очередь связано с видовыми особенностями растений, почвенно-климатическими условиями места произрастания, а также от агротехнических мероприятий и условий хранения плодов (Bouzaen, 2010).

При созревании основные изменения биохимических показателей цитрусовых связаны в основном с витамином С, сахарами и органическими кислотами. Анализ по определению биохимического состава плодов изучаемых

редких плодовых культур из рода *Citrus* проводили по достижении ими технической спелости (таблица 18).

Таблица 18 – Биохимический состав плодов редких цитрусовых культур (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

Виды и сорта	Общая кислотность, %	Сумма сахаров, %	СКИ*, у.е.	Аскорбиновая кислота, мг/100 г
<i>C. aurantifolia</i>	5,72 ±0,4	3,44 ±0,1	0,6	18,4 ±0,4
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	6,37 ±0,1	1,33 ±0,1	0,2	20,4 ±0,4
<i>C. × latifolia</i>	6,91 ±0,4	2,07 ±0,1	0,3	31,3 ±0,5
<i>C. × bergamia</i>	3,24 ±0,3	3,40 ±0,2	1,0	23,3 ±0,5
<i>C. ichangensis</i>	5,17 ±0,1	3,39 ±0,3	0,6	34,7 ±0,7
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	0,24 ±0,1	7,52 ±0,2	31,3	45,8 ±0,9
<i>C. limon</i> ‘Del Brasil’	2,56 ±0,1	2,80 ±0,7	1,1	23,8 ±0,4
<i>C. × limonelloides</i>	7,27 ±0,1	3,51 ±0,1	0,5	23,6 ±0,5
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	2,76 ±0,2	9,67 ±0,1	3,5	36,2 ±0,7
<i>C. medica</i>	6,31 ±0,6	3,66 ±0,2	0,6	44,1 ±0,9
<i>C. × meyeri</i>	4,17 ±0,3	4,22 ±0,6	1,0	28,8 ±0,4
<i>C. × myrtifolia</i>	0,99 ±0,2	5,43 ±0,1	5,5	46,6 ±0,9

Примечание: *СКИ – сахарокислотный индекс

Содержание аскорбиновой кислоты (витамина С) варьировало в зависимости от генотипа, и находилось в пределах 18,4–46,6 мг/100 г (рисунок 33).

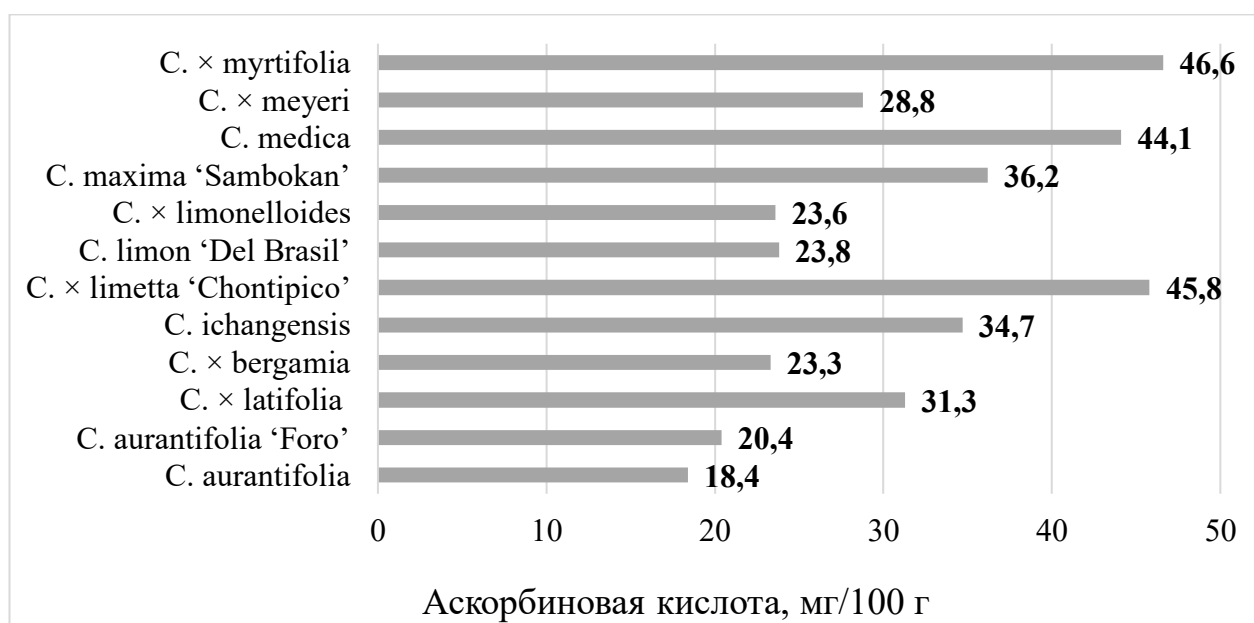


Рисунок 33 – Содержание аскорбиновой кислоты в плодах редких плодовых культур из рода *Citrus* (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

Максимальные показатели аскорбиновой кислоты отмечали у *C. × myrtifolia* (46,6 мг/100 г), *C. × limetta* ‘Chontipico’ (45,8 мг/100 г) и *C. medica* (44,1 мг/100 г). Минимальные – у *C. aurantifolia* (18,4 мг/100 г) и *C. aurantifolia* ‘Foro’ (20,4 мг/100 г).

В оценке вкусовых качеств плодов важнейшую роль играют органические кислоты. В настоящее время в плодах цитрусовых обнаруживается до 15–18 органических кислот (Абильфазова, Белоус, 2019). Установлено, что почти у всех исследуемых видов и сортов, лимонная и яблочная кислоты являются доминантными (рисунок 34). Так, содержание лимонной кислоты по видам и сортам составило от 0,45 (*C. × myrtifolia*) до 6,16 г/100 г (*C. × limonelloides*) от общей кислотности. Для *C. × limetta* ‘Chontipico’ характерно низкое содержания лимонной кислоты (0,03 г/100 г). Количество яблочной кислоты варьировало в пределах от 0,03 (*C. ichangensis*) до 0,63 г/100 г (*C. aurantifolia* ‘Foro’). Причем, для *C. × limetta* ‘Chontipico’ яблочная кислота была основной кислотой и составила 30 % от общей кислотности.

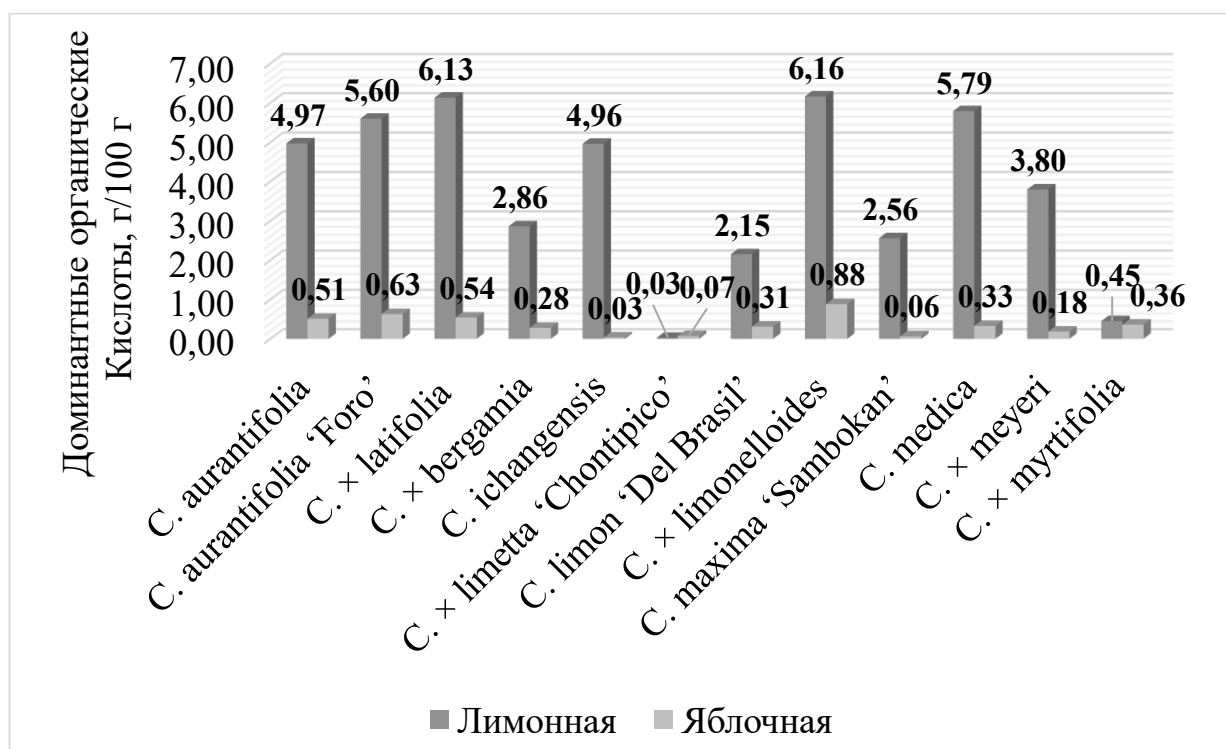


Рисунок 34 – Доминантные органические кислоты в плодах редких плодовых культур из рода *Citrus*, (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

Наибольшее суммарное содержание этих кислот находилось в плодах *C. × limonelloides* и составило 7,04 г/100 г (96,4 %), а наименьшее в плодах *C. × myrtifolia* – 0,81 г/100 г (81,6 %). Лишь у *C. × limetta* ‘Chontipico’ было отмечено очень низкое суммарное содержание лимонной и яблочной кислот, и составило 0,1 г на 100 г сырой массы (41,3 %) (Приложение 2).

Помимо лимонной и яблочной кислот были обнаружены винная, янтарная, уксусная, молочная и щавелевая (Приложение 3). Для каждого вида и сорта было характерно определенное содержание данных органических кислот.

Так наличие винной кислоты варьировало от 26,09 до 97,62 мг/100 г, янтарной – от 25,27 до 86,48 мг/100 г, их содержание было наибольшим среди прочих органических кислот. Для *C. × latifolia* характерно высокое содержание молочной кислоты (78,47 мг/100 г), а для *C. ichangensis* – уксусной кислоты (46,14 мг/100 г) (рисунок 35).

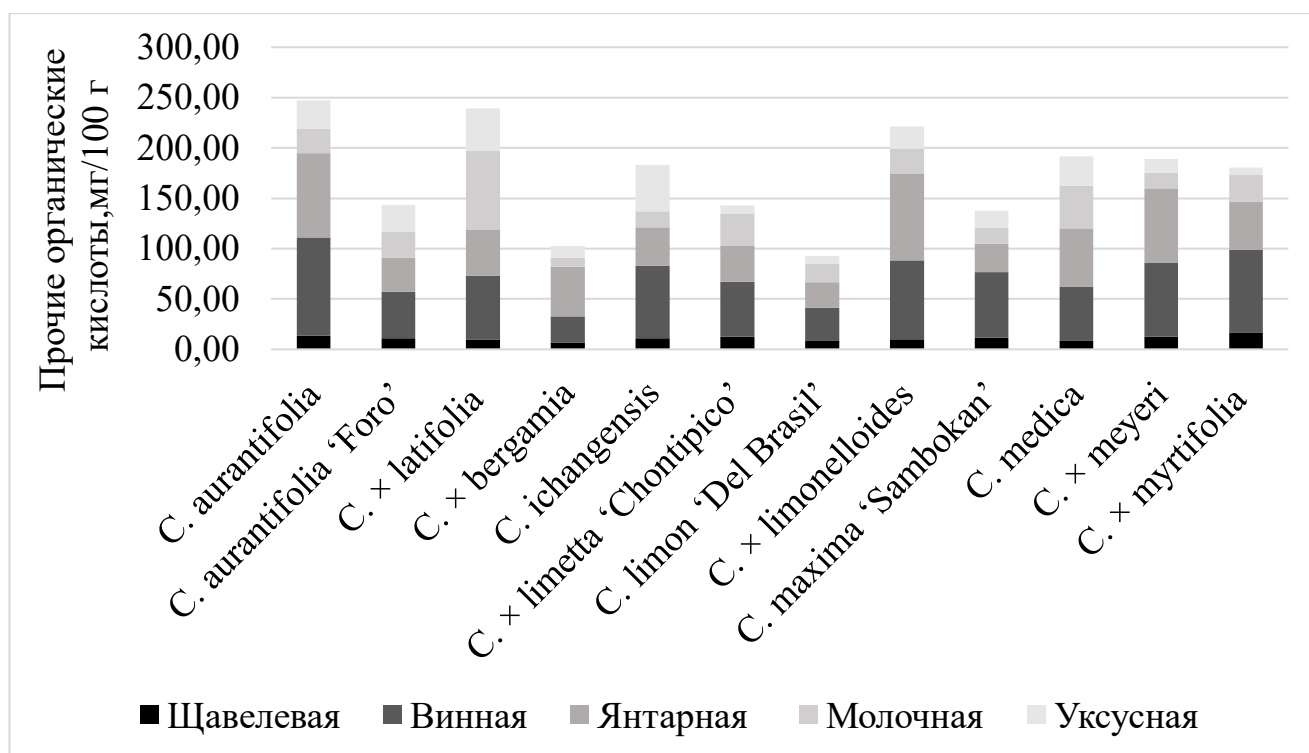


Рисунок 35 – Прочие органические кислоты в плодах редких плодовых культур из рода *Citrus*, (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

Вкусовые качества плодов в значительной степени зависят от содержания сахаров (фруктозы, сахарозы и глюкозы). У исследуемых редких цитрусовых культур содержание сахарозы было в пределах от 2,01 (*C. × limetta* ‘Chontipico’) до 58,94 мг/г (*C. maxima* ‘Sambokan’). Глюкозы – от 6,37 у *C. aurantifolia* до 43,31 мг/г у *C. × limetta* ‘Chontipico’. Фруктозы от 6,46 у *C. × latifolia* до 40,81 мг/г у *C. × limetta* ‘Chontipico’ (Приложение 4).

Соотношения сахаров у изучаемых объектов было различным. Так у *C. aurantifolia* и *C. maxima* ‘Sambokan’ отмечен больший процент сахарозы (более 60 % от общего количества растворимых сахаров), и составляло 20,88 и 58,94 мг/г, соответственно. Наибольшим содержанием глюкозы (50,28 %) и фруктозы (47,38 %) отмечен *C. × limetta* ‘Chontipico’ (рисунок 36).

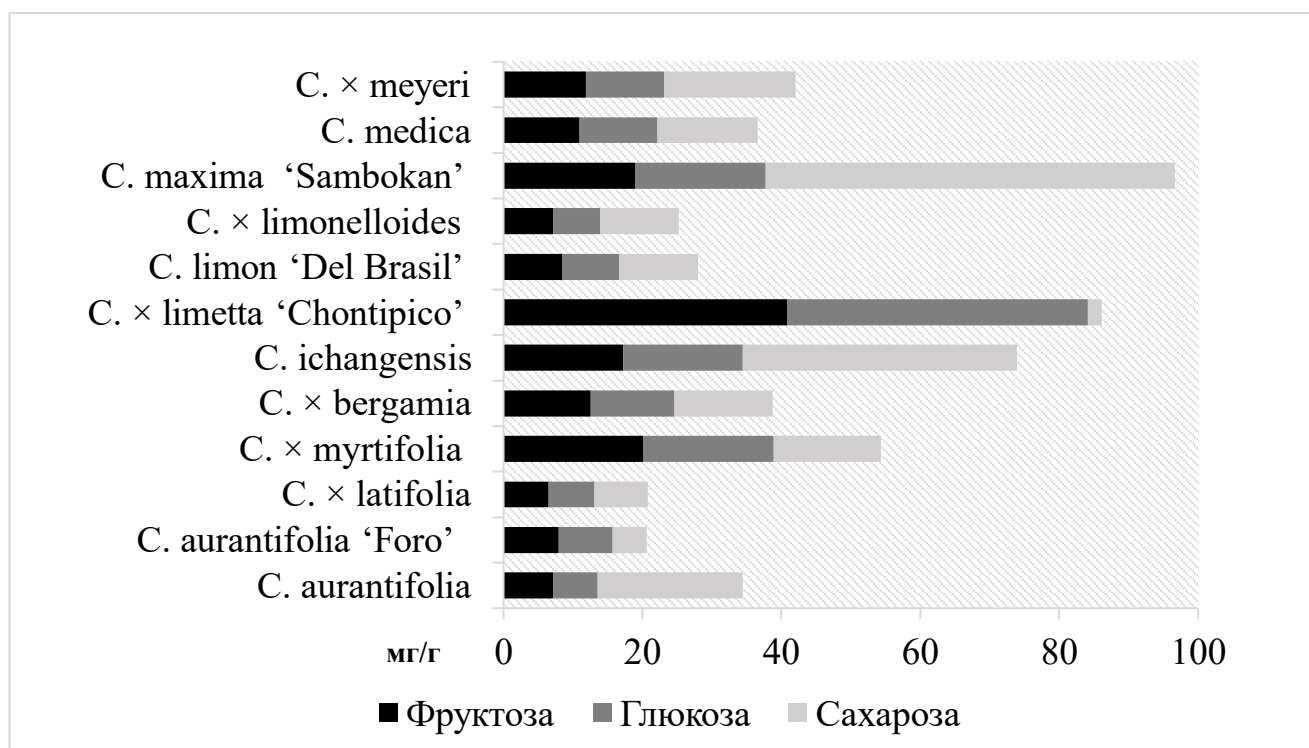


Рисунок 36 – Содержание сахаров в плодах редких плодовых культур из рода *Citrus*, (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

Фруктоза является одним из наиболее важных диетических моносахаридов и, как известно, самый сладкий из всех встречающихся в природе углеводов. Наличие фруктозы вместе с отсутствием содержания кислоты делает *C. × limetta*

‘Chontipico’ отличным источником для приготовления вкусных консервов и джемов, особенно для детского питания из-за его сладости и нежного приятного вкуса.

Для большинства исследуемых редких цитрусовых характерно преобладание кислоты над сахарами. Лишь только у *C. × myrtifolia*, *C. × limetta* ‘Chontipico’ и *C. maxima* ‘Sambokan’ обратное соотношение, сахара преобладают над кислотами (рисунок 37). Такие закономерности в значительной степени влияют на величину сахарокислотного индекса. Так, соотношение сахаров и кислот для *C. × myrtifolia* составило 5,5 условных единиц, *C. maxima* ‘Sambokan’ – 3,5 у.е., *C. × limetta* ‘Chontipico’ – 31,3 у.е., а для других видов и сортов он варьировал от 0,2 (*C. aurantifolia* ‘Foro’) до 1,1 (*C. limon* ‘Del Brasil’). С величиной сахарокислотного индекса напрямую связана органолептическая оценка плодов.

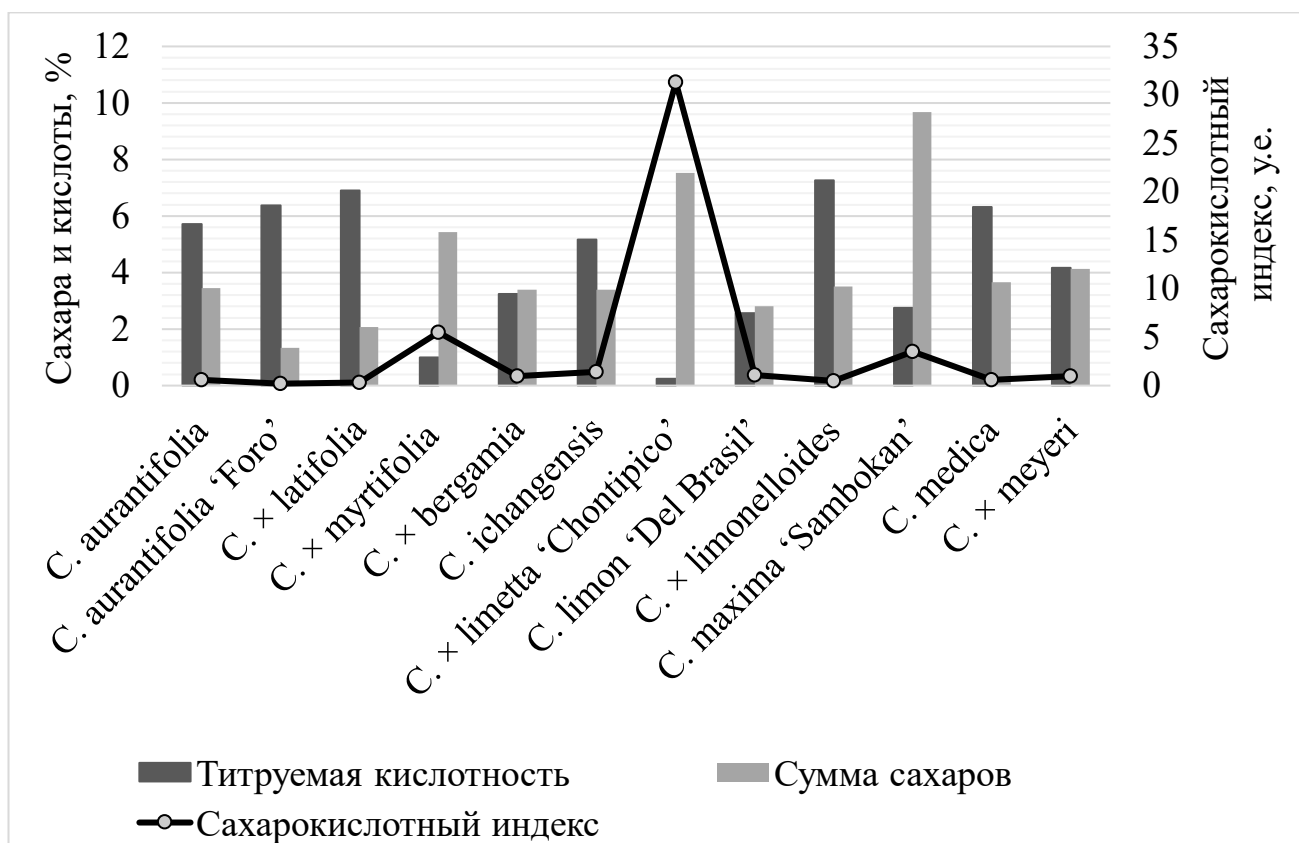


Рисунок 37 – Сахарокислотный индекс плодов редких плодовых культур из рода *Citrus*, (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

Вкус и внешний вид плода являются важными экономическими признаками для оценки качества фруктов, а также одними из важных органолептических показателей, определяющих выбор потребителей. Органолептический анализ показал значительные различия среди исследуемых редких плодовых культур из рода *Citrus* по величине, форме, окраске и вкусу (таблица 19).

Таблица 19 – Органолептическая оценка плодов редких плодовых культур из рода *Citrus* (в баллах), (г. Сочи, неконтролируемые условия теплицы), 2020–2022 гг.

Виды и сорта	Внешний вид*	Аромат	Вкус	Общая оценка
<i>C. aurantifolia</i>	3,8	4,0	2,0	3,3
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	3,8	4,0	2,0	3,3
<i>C. × latifolia</i>	4,0	4,8	2,3	3,7
<i>C. × bergamia</i>	3,8	5,0	2,3	3,7
<i>C. ichangensis</i>	3,3	1,6	1,8	2,3
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	4,5	4,3	4,8	4,5
<i>C. limon</i> ‘Del Brasil’	4,6	4,5	2,7	3,9
<i>C. × limonelloides</i>	3,8	4,0	2,0	3,3
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	4,8	4,0	4,8	4,5
<i>C. medica</i>	4,5	5,0	2,2	3,9
<i>C. medica</i> var. <i>sarcodactylus</i>	5,0	5,0	0	3,3
<i>C. × meyeri</i>	4,3	5,0	2,8	4,0
<i>C. × myrtifolia</i>	4,2	4,5	4,0	4,2

Примечание: *суммарная оценка по величине, форме и окраске

Как правило, общая оценка (по пятибалльной шкале) была ниже у плодов, имеющих кислый вкус, что подтвердили данные биохимического анализа. Плоды с лучшим вкусом были у *C. × limetta* ‘Chontipico’ и *C. maxima* ‘Sambokan’ (4,5 балла), за которыми следовал *C. × myrtifolia* (4,2), в то время самые низкие баллы были у *C. ichangensis* (1,8). Оценка вкусовых качеств плодов *C. medica* var. *sarcodactylus* не проводилась из-за отсутствия мякоти. Но стоит отметить, что плоды почти у всех исследуемых объектов характеризовались высокими оценками внешнего вида и аромата. Наивысшие баллы за внешний вид и аромат

получили плоды *C. medica* var. *sarcodactylus* – по 5,0, в то время как самые низкие баллы у *C. ichangensis* – 3,3 балла за внешний вид плода и 1,6 балла за аромат.

Таким образом, комплексная оценка биохимического состава плодов редких таксонов цитрусовых, позволила выделить *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. maxima* ‘Sambokan’ и *C. × myrtifolia* с наилучшими показателями и органолептической оценкой.

Выделены виды с высоким содержанием аскорбиновой кислоты – *C. medica* (44,1 мг/100 г), *C. × latifolia* (31,3 мг/100 г), *C. ichangensis* (34,7 мг/100 г). Для *C. × latifolia* характерно высокое содержание молочной кислоты (78,47 мг/100 г), а для *C. ichangensis* – уксусной кислоты (46,14 мг/100 г).

Наибольший процент сахарозы отмечен у *C. aurantifolia* и *C. maxima* ‘Sambokan’ и составляет более 60 % от общего количества растворимых сахаров. Наибольшим содержанием глюкозы (50,28 %) и фруктозы (47,38 %) отмечен *C. × limetta* ‘Chontipico’.

3.4.4 Экономическая эффективность возделывания редких плодовых культур из рода *Citrus*

Для промышленного выращивания субтропических плодовых культур в современных условиях, необходимо, в первую очередь, повышение экономической эффективности и конкурентоспособности данной продукции. Одним из способов повышения эффективности является интродукция новых видов и сортов цитрусовых, выращивание которых будет отличаться высокой рентабельностью производства и способствовать конкуренции на потребительском рынке.

В результате качественной характеристики плодов были отобраны виды и сорта *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* ‘Foro’, *C. × latifolia*, *C. × bergamia*, *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. × limonelloides*, *C. maxima* ‘Sambokan’, *C. × meyeri* как наиболее перспективные для выращивания в промышленных масштабах (таблица 20).

Поскольку производственных посадок изучаемых редких плодовых культур из рода *Citrus* пока не существует, было принято решение рассчитать потенциальную урожайность, основанную на размерах урожая с одного дерева и схеме посадки 3 × 5 м, принятой для среднерослых цитрусовых растений.

При расчете экономической эффективности выращивания изученных редких видов и сортов цитрусовых установлено, что общие затраты на производство продукции составляет 688,8 тыс. руб./га. Прибыль от реализации продукции варьировала от 301,2 (*C. aurantifolia* ‘Foro’) до 2116,2 (*C. maxima* ‘Sambokan’) тыс.руб./га.

Сравнительно низкие показатели рентабельности были у *C. aurantifolia* ‘Foro’ (44%), *C. aurantifolia* (46%) и *C. × limetta* ‘Chontipico’ (57 %), *C. limon* ‘Del Brasil’ (63%).

Таблица 20 – Экономическая эффективность производства редких плодовых культур из рода *Citrus*

Виды и сорта	Показатель						
	Урожай с дерева, кг/дер.	Расчетная (потенциальная) урожайность, т/га	Выручка от реализации продукции, тыс. руб./га	Общие затраты, тыс. руб./га	Прибыль от реализации продукции, тыс.руб./га	Себестоимость единицы продукции, тыс.руб./т	Рентабельность продукции, %
<i>C. aurantifolia</i>	10,1	6,7	1005,0	688,8	316,2	102,8	46
<i>C. aurantifolia</i> ‘Foro’	9,9	6,6	990,0	688,8	301,2	104,4	44
<i>C. × latifolia</i>	15,2	10,1	1515,0	688,8	826,2	68,2	120
<i>C. × bergamia</i>	14,4	9,6	1440,0	688,8	751,2	71,8	109
<i>C. × limetta</i> ‘Chontipico’	10,8	7,2	1080,0	688,8	391,2	95,7	57
<i>C. limon</i> ‘Del Brasil’	11,3	7,5	1125,0	688,8	436,2	91,8	63
<i>C. × limonelloides</i>	15,2	10,1	1515,0	688,8	826,2	68,2	120
<i>C. maxima</i> ‘Sambokan’	28,1	18,7	2805,0	688,8	2116,2	35,8	307
<i>C. × meyeri</i>	26,5	17,7	2655,0	688,8	1966,2	38,9	285

Наиболее высоким уровнем рентабельности отмечены виды и сорта *C. × bergamia* (109%), *C. × latifolia* (120 %), *C. × limonelloides* (120%), *C. × meyeri* (285%) и *C. maxima* ‘Sambokan’ (307%), что говорит об высокой эффективности производства продукции этих редких плодовых культур из рода *Citrus*.

3.5 Генетический анализ редких плодовых культур из рода *Citrus* с использованием ISSR – и SCoT-маркеров

Несмотря на большие масштабы и ценность производства цитрусовых, большинство видов и сортов были выделены в результате естественной гибридизации и соматических мутаций (Talon, 2008). Современные молекулярные исследования показали, что культивируемые виды цитрусовых являются результатом межвидовой гибридизации между четырьмя основными таксонами (*C. reticulata*, *C. maxima*, *C. medica* и *C. micrantha*). Однако происхождение многих видов и сортов цитрусовых, например *C. × bergamia*, *C. × limetta*, *C. × limonelloides*, *C. × meyeri* и др., так и является объектами противоречивых мнений.

В настоящем исследовании было проведено изучение генетического разнообразия среди 13 редких плодовых культур из рода *Citrus*, демонстрирующее различные морфологические характеристики, которое поможет установить генетические дистанции и филогенетические взаимосвязи между редкими таксонами цитрусовых. Для этого, были использованы молекулярные маркеры между простыми последовательностями (ISSR) и маркеры, основанные на консервативных областях, фланкирующих стартовый кодон ATG (SCoT).

В результате проведенного анализа, из 36-ти SCoT маркеров 34 оказались эффективны для анализа генетических дистанций среди 13 редких плодовых культур из рода *Citrus*, которые показали воспроизводимые результаты с явным полиморфизмом. Из 10 ISSR маркеров только по четырем удалось получить профили амплификации необходимого качества (рисунок 38).

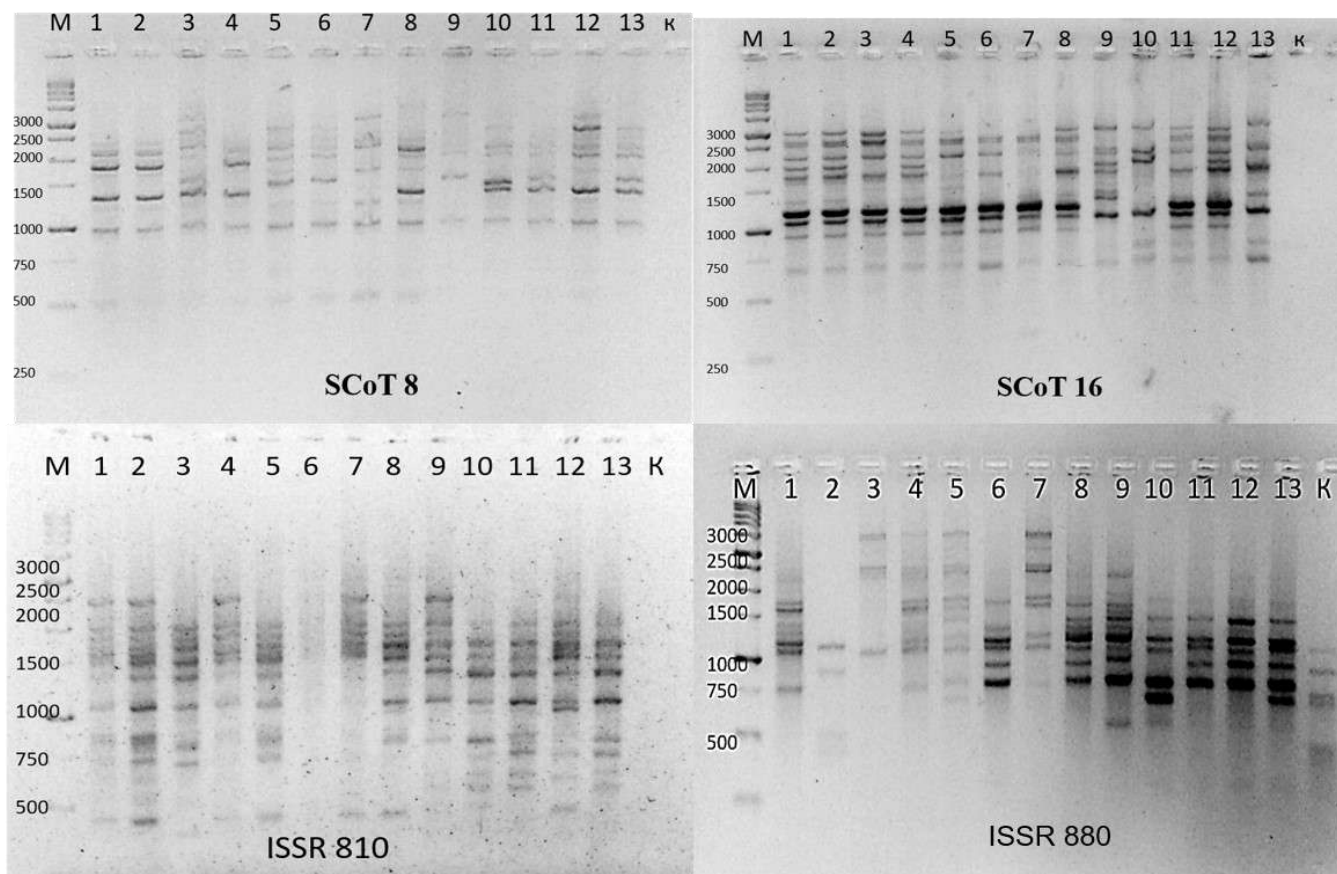


Рисунок 38 – Профили амплификации SCoT- и ISSR-фрагментов 13-ти генотипов рода *Citrus*: 1 – *C. aurantifolia* ‘Foro’; 2 – *C. aurantifolia*; 3 – *C. × latifolia*; 4 – *C. × limonelloides*; 5 – *C. limon* ‘Del Brasil’; 6 – *C. medica*; 7 – *C. medica* var. *sarcodactylus*; 8 – *C. × meyeri*; 9 – *C. ichangensis*; 10 – *C. maxima* ‘Sambokan’; 11 – *C. × bergamia*; 12 – *C. × limetta* ‘Chontipico’; 13 – *C. × myrtifolia*; к – контроль.

Всего, с 34 SCoT маркерами удалось получить 364 аллелей, от 3 (SCoT7) до 25 (SCoT12), в среднем 11,7 на локус и средним индексом генетического разнообразия $H=0,47$ (таблица 21). Из всего количества полученных аллелей 19 % оказались мономорфными. Средний уровень полиморфизма SCoT маркеров составил 79,8 %, который варьировал от 56 (SCoT24) до 100 % (SCoT2, SCoT14, SCoT18, SCoT20). Значения PIC – от 0,39 для SCoT4, SCoT6 и SCoT16, до 0,47 для SCoT25 и SCoT29.

Таблица 21 – Параметры генетического разнообразия SCoT маркеров для анализа редких плодовых культур из рода *Citrus*

Marker	Na	MonoBands	P, %	H	PIC	D	R
SCoT1	5	2	60	0.47	0.43	0.57	1.69
SCoT2	8	0	100	0.45	0.41	0.89	2.46
SCoT3	8	2	75	0.50	0.40	0.81	1.69
SCoT4	12	2	83	0.49	0.39	0.67	5.08
SCoT5	8	1	88	0.50	0.43	0.90	4.46
SCoT6	11	1	91	0.51	0.39	0.73	6.31
SCoT7	3	1	67	0.33	0.46	0.37	1.23
SCoT8	10	2	80	0.47	0.40	0.61	5.69
SCoT9	14	2	86	0.43	0.42	0.52	0.77
SCoT11	8	2	75	0.45	0.41	0.89	4.15
SCoT12	25	3	88	0.51	0.40	0.75	12.62
SCoT13	21	2	90	0.49	0.40	0.84	10.46
SCoT14	16	0	100	0.49	0.40	0.84	6.77
SCoT15	14	2	86	0.48	0.41	0.63	6.15
SCoT16	16	1	94	0.50	0.39	0.79	9.69
SCoT17	12	2	83	0.50	0.40	0.67	5.54
SCoT18	5	0	100	0.48	0.40	0.84	3.23
SCoT20	10	0	100	0.43	0.43	0.52	2.62
SCoT21	18	3	83	0.48	0.41	0.86	6.31
SCoT22	14	4	71	0.55	0.41	0.74	6.92
SCoT24	9	4	56	0.54	0.44	0.63	3.85
SCoT25	7	3	57	0.42	0.47	0.46	3.38
SCoT26	12	4	67	0.38	0.46	0.42	2.62
SCoT27	9	3	67	0.44	0.42	0.55	3.23
SCoT29	14	5	64	0.35	0.47	0.38	3.23
SCoT30	11	2	82	0.48	0.41	0.61	4.77
SCoT31	11	2	82	0.55	0.41	0.81	3.54
SCoT32	15	5	67	0.47	0.42	0.58	5.23
SCoT33	11	1	91	0.45	0.41	0.57	3.38
SCoT34	21	5	76	0.53	0.41	0.69	6.77
SCoT36	6	2	67	0.56	0.41	0.80	4.31
MEAN	11.74	2.19	79.82	0.47	0.42	0.68	4.78
SD	5.02	1.45	13.11	0.05	0.02	0.16	2.68

Na = количество различных полос, P – процент полиморфных полос; PIC – информативность полиморфизма; H – индекс разнообразия – вероятность того, что особь гетерозиготна по локусу в популяции; D – различающая способность – вероятность того, что два случайно выбранных индивида имеют разные образцы и, таким образом, отличимы друг от друга; R – разрешающая способность

По 4 ISSR маркерами удалось получить 47 аллелей, от 8 (ISSR 4) до 17 (ISSR 1), в среднем 11,75 на локус и средним индексом генетического разнообразия $H = 0,52$ (таблица 22). Из всего количества полученных аллелей 98,53 % оказались полиморфными. Значения PIC варьировались от 0,43 (ISSR 4, ISSR 7), до 0,46 для ISSR 1.

Таблица 22 – Параметры генетического разнообразия ISSR маркеров для анализа редких плодовых культур из рода *Citrus*

Marker	Na	MonoBands	P, %	H	PIC	D	R
ISSR 1	17	1	94	0.59	0.46	0.81	10.92
ISSR 4	8	0	100	0.51	0.43	0.71	5.38
ISSR 7	13	0	100	0.51	0.43	0.81	8.46
ISSR 8	9	0	100	0.48	0.45	0.60	4.77
MEAN	11.75	0.25	98.53	0.52	0.44	0.73	7.38
SD	4.11	0.50	2.94	0.05	0.01	0.10	2.86

Среднее значение PIC по SCoT (0,42) и ISSR (0,44) маркерам, было относительно высоким, тогда как максимальное значение PIC для мультилокусных маркеров составляет 0,5, что подтверждает высокий полиморфизм среди генотипов. В целом, ISSR маркеры характеризовались более высокой разрешающей способностью ($R = 7.4$), в сравнении с SCoT маркерами ($R = 4.8$), хотя этот показатель существенно варьировал.

PCoA анализ по SCoT и ISSR маркерам показал разделение редких плодовых культур из рода *Citrus* на три дистантных кластера (рисунок 39). Большая часть исследуемых генотипов образовала интеркластер (синий), в который вошли *C. × meyeri*, *C. medica* (var. *sarcodactylus*), *C. limon* ‘Del Brasil’ и *C. × limetta* ‘Chontipico’. Во второй (желтый) кластер вошли генотипы *C. aurantifolia* ‘Fogo’ и *C. × limonelloides*, третий (розовый) кластер образовался таксонами *C. maxima* ‘Sambokan’ и *C. × myrtifolia*.

В целом, кластеризация генотипов по SCoT соответствует кластеризации по ISSR данным. Тест Мантеля показал положительную корреляцию генетических дистанций по SCoT и ISSR ($R_{xy} = 0,52$). Исключением стали генотипы

C. × bergamia, *C. × ichangensis* и *C. × latifolia*, расположение которых существенно различается по SCoT и ISSR данным.

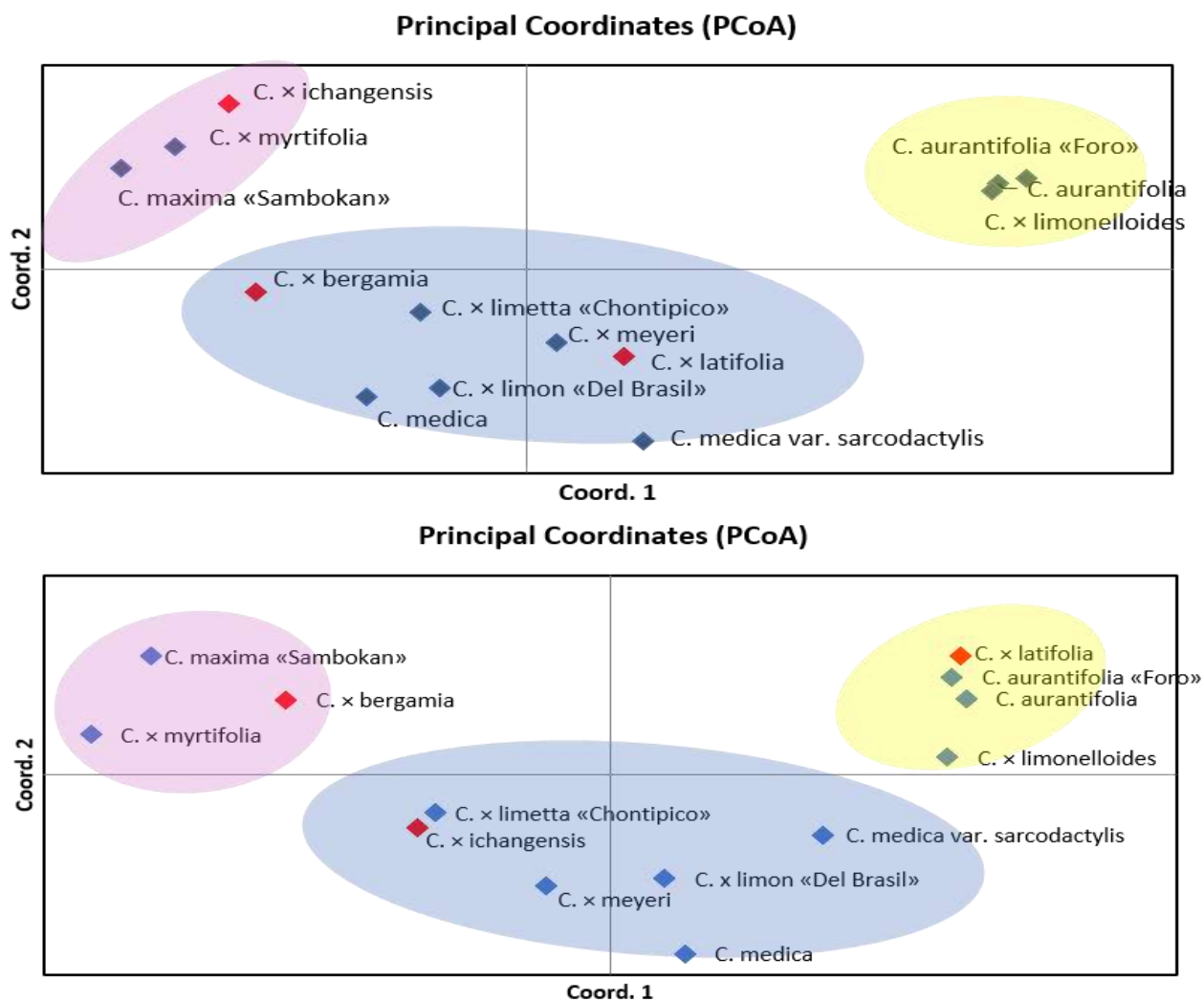


Рисунок 39 – Генетические дистанции в редких плодовых культурах из рода *Citrus* на основе 34 SCoT (сверху) и 4 ISSR (снизу) маркеров

В результате проведенного генетического анализа с использованием молекулярных маркеров, нами было установлено, что данные методы показали высокий уровень полиморфизма среди изучаемых генотипов цитрусовых. Маркеры SCoT и ISSR, указали на то, что среди исследуемых видов и сортов наблюдается значительное генетическое разнообразие. Выявлены наиболее эффективные маркеры (34 SCoT и 4 ISSR) для изучения генетического разнообразия и филогенетических взаимосвязей в коллекции рода *Citrus*.

Данные методы могут быть включены в методику по изучению и установлению генетической изменчивости цитрусовых культур, а также могут быть использованы для характеристики и индетификации видов и сортов, паспортизации новых сортов и разработке новых селекционных программ, направленных на увеличение генетического разнообразия в коллекциях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Ранним выходом из зимнего покоя обладают *C. aurantifolia*, *C. × latifolia*, *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. × meyeri* и *C. maxima* ‘Sambokan’ (II декада марта при сумме активных температур 209–223 °С), самым поздним началом вегетации отличается *C. ichangensis* (I декада апреля, при 345 °С). Промежуточную позицию занимают *C. aurantifolia* ‘Foro’, *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. medica*, *C. medica* var. *sacrodactylus* и *C. × myrtifolia* (III декада марта, при 223–334 °С).

2. По срокам наступления фенофазы «цветение» и ее продолжительности к раннецветущим отнесены *C. aurantifolia*, *C. × latifolia*, *C. aurantifolia* ‘Foro’, *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. × meyeri*, цветущие со II декады апреля, 21–33 дня, при сумме активных температур 465–486 °С. Среднецветущими являются *C. ichangensis*, *C. maxima* ‘Sambokan’ и *C. × myrtifolia* – цветущие с конца II декады апреля, 13–20 дней, при 545–583 °С. Позднее цветение отмечено у *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. medica*, *C. medica* var. *sacrodactylus*, которые цветут с III декады апреля, 11–17 дней, при 604–660 °С.

3. При достижении суммы активных температур 1420–2190 °С у изучаемых редких цитрусовых протекала вторая волна активного роста, а при 2350–3990 °С наступала третья волна активного роста – у *C. aurantifolia*, *C. × latifolia*, *C. aurantifolia* ‘Foro’, *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. × meyeri*.

4. Виды и сорта с ранним сроком созревания плодов – *C. aurantifolia*, *C. × latifolia*, *C. aurantifolia* ‘Foro’, *C. × limonelloides*, *C. × meyeri* (III декада ноября, при сумме активных температур 4880–5030 °С); средним – *C. ichangensis*, *C. × bergamia*, *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. maxima* ‘Sambokan’ и *C. medica* var. *sacrodactylus* (I–II декада декабря, при 4800–5200 °С); поздним – *C. medica* и *C. × myrtifolia* (III декада декабря, при 5200 и 5157 °С, соответственно).

5. Виды и сорта *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* 'Foro', *C. ichangensis* имеют высокую степень наращивания кроны (суммарный прирост 4,45–4,85 м); виды и сорта *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* 'Chontipico', *C. limon* 'Del Brasil', *C. maxima* 'Sambokan', *C. medica*, *C. medica* var. *sacrodactylus*, *C. × meyeri* имеют среднюю степень наращивания кроны (суммарный прирост 2,16–3,60 м); виды *C. × latifolia* и *C. × myrtifolia* имеют низкую степень наращивания кроны (суммарный прирост 1,72–1,76).

6. Выделены как самые перспективные для выращивания в неконтролируемых условиях теплицы *C. × latifolia*, *C. ichangensis*, *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* 'Chontipico', *C. maxima* 'Sambokan', *C. medica*, *C. medica* var. *sacrodactylus*, *C. × meyeri* и *C. limon* 'Del Brasil', как более приспособленные к зимним условиям, и *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* 'Foro' и *C. × myrtifolia* – более приспособлены к условиям летне-осеннего периода. Отмечено, что при неблагоприятных погодных условиях в зимний период, у *C. maxima* 'Sambokan', *C. medica* и *C. × myrtifolia* наблюдается увеличение синтеза хлорофиллов. Остаточная изменчивость, т.е. влияние прочих факторов высокая и составляет от 48,6 до 61,6 %.

7. Выделены виды *C. aurantifolia*, *C. medica*, *C. medica* var. *sarcodactylus* и *C. × meyeri*, обладающие наиболее оптимальными параметрами устьиц (малый размер и высокая плотность – 780–883 шт. 1 мм²), что говорит об их устойчивости к гидротермическому стрессу. Выделены виды и сорта с крупными (27,9–23,3 мкм) и наименьшим количеством (278–490 на 1мм²) устьиц – *C. × latifolia*, *C. limon* 'Del Brasil', *C. × bergamia*, *C. × myrtifolia*, для высокой продуктивности которых, требуются обильный полив и постоянное поддержание высокой влажности воздуха, но при этом хорошо переносят затенение.

8. По устойчивости к комплексу вредителей выделены *C. ichangensis*, *C. maxima* 'Sambokan' и *C. × myrtifolia*, на которых повреждения не превышали 5 % (0,3–1,0 балл) или вовсе не обнаружались. Наиболее восприимчивыми к доминирующим вредителям оказались *C. × bergamia*, *C. × limetta* 'Chontipico',

C. × meyeri и *C. medica* var. *sarcodactylus*, у которых степень повреждения достигала 3–4 баллов.

9. Установлено, что наибольшими показателями продуктивности отмечен сорт *C. maxima* ‘Sambokan’ (5,3 т/га), затем следовали такие виды и сорта как *C. × bergamia* (3,0 т/га), *C. limon* ‘Del Brasil’ (2,8 т/га) и *C. × meyeri* (2,6 т/га). К мелкоплодным редким цитрусовым отнесены *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* ‘Foro’, *C. ichangensis*, *C. × limonelloides*, *C. × myrtifolia* (30,3–48,6 г); к среднеплодным – *C. × latifolia*, *C. × bergamia*, *C. × limetta* ‘Chontipico’ и *C. × meyeri* (91,7–115,2 г); к крупноплодным – *C. limon* ‘Del Brasil’, *C. maxima* ‘Sambokan’, *C. medica* и *C. medica* var. *sarcodactylus* (45,7–231,4 г). Виды и сорта *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* ‘Foro’ и *C. × meyeri* отличаются высоким выходом сока из мякоти (51,3–57,2 %).

10. Оценка биохимического состава плодов редких плодовых культур из рода *Citrus*, позволила выделить сорта *C. × limetta* ‘Chontipico’, *C. maxima* ‘Sambokan’ и вид *C. × myrtifolia*, отличающиеся наилучшим биохимическим составом плодов по всем показателям и органолептической оценке. Выделены виды с высоким содержанием аскорбиновой кислоты – *C. medica* (44,1 мг/100 г), *C. × latifolia* (31,3 мг/100 г), *C. ichangensis* (34,7 мг/100 г). Для *C. × latifolia* характерно высокое содержание молочной кислоты (78,47 мг/100 г), а для *C. ichangensis* – уксусной кислоты (46,14 мг/100 г). Наибольший процент сахарозы отмечен у *C. aurantifolia* и *C. maxima* ‘Sambokan’ и составляет более 60 % от общего количества растворимых сахаров. Наибольшим содержанием глюкозы (50,28 %) и фруктозы (47,38 %) отмечен *C. × limetta* ‘Chontipico’.

11. Сравнительно низкие показатели рентабельности были у *C. aurantifolia* ‘Foro’ (44%), *C. aurantifolia* (46%) и *C. × limetta* ‘Chontipico’ (57 %), *C. limon* ‘Del Brasil’ (63%). Наиболее высоким уровнем рентабельности отмечены виды *C. × bergamia* (109%), *C. × latifolia* (120 %), *C. × limonelloides* (120%), *C. × meyeri* (285%) и сорт *C. maxima* ‘Sambokan’ (319%), что говорит об высокой эффективности производства продукции этих редких плодовых культур из рода *Citrus*.

12. Установлены генетические дистанции среди редких плодовых культур из рода *Citrus*. Выявлены наиболее эффективные маркеры (34 SCoT и 4 ISSR) для изучения генетического разнообразия и филогенетических взаимосвязей в коллекции рода *Citrus*.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Для создания устойчивых и продуктивных насаждений цитрусовых культур в условиях влажных субтропиков России рекомендуются виды и сорта *C. maxima* 'Sambokan', *C. × limetta* 'Chontipico', *C. × meyeri* и *C. × limonelloides*.

2. Для декоративного садоводства рекомендуются *C. × myrtifolia*, *C. medica* var. *sarcodactylus* и *C. ichangensis*, для любительского цитrusоводства – *C. aurantifolia*, *C. aurantifolia* 'Foro', *C. × latifolia*, *C. × bergamia*, *C. limon* 'Del Brasil' и *C. medica*.

Библиографический список

1. Абиьфазова, Ю.С. Биохимические качества и механический состав плодов мандарина // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2004. – №. 39-2. – С. 454-464.
2. Абиьфазова, Ю.С. Фотосинтетическая активность листьев мандарина в условиях влажных субтропиков Краснодарского края / Ю.С. Абиьфазова // European Scientific Conference. – 2017. – С. 46-49.
3. Абиьфазова, Ю.С. Содержание экстрактивных веществ в плодах карликового мандарина в условиях влажных субтропиков Краснодарского края / Ю.С. Абиьфазова, О.Г. Белоус // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2019. – № 4. – С. 45-52. ISSN: 1609-0675
4. Айба, Л. Я. Новые перспективные сорта и формы цитрусовых для промышленного возделывания на Черноморском побережье Кавказа / Л. Я. Айба, Ф. И. Одабашян, В. А. Фогель // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2004. – № 39-2. – С. 413-418. – EDN TUNWHJ.
5. Айба, Л.Я. Атлас вредителей и болезней цитрусовых культур на Черноморском побережье Кавказа / Л.Я. Айба, Н.Н. Карпун, Е.А. Игнатова, М.Ш. Шинкуба, Р.В. Кулян, Ю.Г. Акаба, В.Е. Проценко. – Сухум-Сочи, 2018. – 205 с.
6. Айба, Л.Я. Изменение биохимических компонентов в плодах киви в связи с периодом их сбора / Л.Я. Айба, Ю.С. Абиьфазова, О.Г. Белоус // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2021. – Т. 7 (73), № 1. – С. 3-13. – DOI 10.37279/2413-1725-2021-7-1-3-13.
7. Алавидзе, Г.А. К истории культуры цитрусовых в Грузии / Г.А. Алавидзе // Субтропические культуры. – 1960. - №2. – С.43 - 49.
8. Александров, А.Д. Культура лимона в СССР / А.Д. Александров / М.: Огизсельхозгиз. – 1947. – 296 с.

9. Алексеев, В.П. Цитрусовые культуры / В.П. Алексеев // Бюлл. ВНИИЧисСК. – 1955. – № 4. – С. 38-76.
10. Алиев, Х.А. Перспективы интродукции субтропических культур в новые агроэкологические условия / Х.А. Алиев, М.Д. Мукайлов, Б.С. Гасанбеков // Проблемы развития АПК региона. – 2011. – Т. 8. – №. 4. – С. 11-13.
11. Атесленко, Е. В. Горшечная культура редких цитрусовых растений в коллекции Центрального ботанического сада НАН Беларуси / Е. В. Атесленко // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия флоры: Материалы международной научной конференции, посвященной 90-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. В 2-х частях, Минск, 28 июня – 01 июля 2022 года / Редколлегия: В.В. Титок [и др.]. Том Часть 1. – Минск: Белтаможсервис, 2022. – С. 38-41.
12. Бахтадзе, И.Г. Морозостойкость цитрусовых растений / И.Г. Бахтадзе // Сухуми, 1977. – 76 с.
13. Белоус, О.Г. Диагностика адаптивности растений чая / О.Г. Белоус, З.В. Притула // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2007. – №. 40. – С. 189-196.
14. Белоус, О.Г. Характеристика пигментного аппарата растений чая в условиях влажных субтропиков России / О.Г. Белоус, З.В. Притула // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2009. – №. 42-2. – С. 103-110.
15. Белоус, О.Г. Физиологическое состояние растений мандарина под влиянием экзогенных регуляторов роста растений / О.Г. Белоус, А.В. Рындин, Н.Б. Платонова // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2019. – №. 153. – С. 110-120. DOI: 10.36305/2019-4-153-110-120
16. Белоус, О.Г. Фотосинтетический аппарат карликового мандарина сорта ‘Миагава-Васе’ при обработках регуляторами роста / О. Г. Белоус, Н. Б. Платонова // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2019а. – № 68. – С. 157-164. – doi: 10.31360/2225-3068-2019-68-157-164.
17. Вавилов, Н.И. Центры происхождения культурных растений / Н.И.Вавилов // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. – Т. 14, Вып. 2. – Л., 1926.

18. Вавилов, Н.И. Происхождение и география культурных растений / Н.И. Вавилов, В.Ф. Дорофеев. – Наука, 1987.
19. Витковский, В.Л. Изучение коллекции субтропических плодовых культур. Методические указания / В.Л. Витковский, Е.Ф. Петрова. – Л.: ВАСХНИЛ, 1989. – 144 с.
20. Витковский, В.Л. Плодовые растения мира / В.Л. Витковский; Всероссийский научно-исследовательский институт растениеводства имени Н. И. Вавилова. – Санкт-Петербург: Издательство "Лань", 2003. – 591 с. – ISBN 5-8114-0477-8.
21. Власенко, Е.А. Целительные свойства комнатных растений // Монография. – М.: Изд – во ОЛМА Медиа Групп. - 2012. – 223 с.
22. Воронцов, В.В. Методические указания по технологии выращивания карликового мандарина в субтропических районах Краснодарского края / В.В. Воронцов, И.И. Лаврийчук, В.М. Горшков и др. – Сочи, 1979. – 60 с.
23. Воронцов, В.В. Цитрусовые растения в доме / В.В. Воронцов, Л.И. Улейская // Москва: ЗАО «Фитон +», 2008. – 144 с.
24. Гетко, Н.В. Пигментный фонд листьев *Citrus × aurantium* L. в оранжерейной культуре / Н.В. Гетко, Е.В. Атесленко, Т.С. Бачище, Л.Ф. Кабашникова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2019. – №. 8-1 (86). – С. 57 – 61.
25. Глазырин, В.А. Изменчивость мандарина Уншиу / В.А. Глазырин // Тр. Сухум. опыт. ст. субтроп. к-р. – Сухуми: Алашара, 1967. – № 1. – С. 27-50.
26. Горшков, В.М. Агроэкологическая особенность цитрусовых в субтропиках России / В.М. Горшков // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – 2018. – № 13. – С. 507-509.
27. Горшков, В.М. Исторические аспекты и особенности производства цитрусовых в субтропиках России за 1903 -2003 гг. / В. М. Горшков // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2004. – № 39-2. – С. 388-403.
28. Горшков, В.М. Корневая система *P. trifoliata*, как специализированный орган почвенного питания рода *Citrus* / В.М. Горшков //

Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2022. – № 77(5). – С. 169-175. – DOI 10.30679/2219-5335-2022-5-77-169-175.

29. Горшков, В.М. Цитрусоводство субтропиков России: автореф. дисс. ... докт. с.-х. наук / Горшков Вячеслав Михайлович. – М., 1996. – 41 с.

30. Гулиа, В.О. Физико-географическая характеристика Абхазии (сообщение 1) / В.О. Гулиа, Т.В. Орловская, З.И. Адзинба, С.М. Читанава // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 11 (часть 1). – С. 35-38.

31. Гуль, Ш.Ш.М. Комплекс мероприятий по защите цитрусовых культур от вредителей и болезней / Ш.Ш.М. Гуль, К.Х. Кахаров, С.М. Гулов // Кишоварз. – 2014. – №. 2. – С. 75-76.

32. Гуль, Ш.Ш. М. Биологическая характеристика цитрусовых культур в Афганистане / Ш.Ш.М. Гуль // Кишоварз. – 2015. – №. 1. – С. 53-54.

33. Гутиев, Г.Т. Лимон на Черноморском побережье Кавказа / Г.Т. Гутиев. – Сочи, 1957. – 72 с.

34. Гутиев, Г.Т. Субтропические плодовые растения / Г.Т. Гутиев. - М.: Сельхозиздат, 1958. – 224 с.

35. Даньков, В.В. Субтропические культуры / В. В. Даньков, М. М. Скрипниченко, Н.Н. Горбачева. – Санкт- Петербург: Издательство "Лань", 2014. – 160 с. – ISBN 978-5-8114-1717-9.

36. Дорошенко, Т.Н. Адаптивный потенциал садовых растений юга России: монография / Т.Н. Дорошенко, Н.В. Захарчук, Л.Г. Рязанова. – Краснодар: Просвещение-Юг, 2010. – 123 с.

37. Дорошенко, Т.Н. Устойчивость плодовых и декоративных растений к температурным стрессорам: диагностика и пути повышения: монография / Т.Н. Дорошенко, Н.В. Заремук, Д.В. Максимцов. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 118 с.

38. Дорошенко, Т.Н. Биохимический состав плодов мандарина при использовании некорневого питания калийным удобрением / Т.Н. Дорошенко, Д.Д. Бакир-Оглы // Теория и практика современной аграрной науки: Сборник V национальной (всероссийской) научной конференции с международным

участием, Новосибирск, 28 февраля 2022 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2022. – С. 82-84.

39. Дорошенко, Т.Н. Влияние некорневого питания калийными удобрениями на качество плодов мандарина / Т.Н. Дорошенко, Д.Д. Бакир Оглы, Л.Г. Рязанова // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции : сборник статей по материалам VI Международной научно-практической конференции, Краснодар, 31 марта 2020 года / Ответственный за выпуск А.В. Степовой. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. – С. 287-290.

40. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

41. Дымова, О. В. Фотосинтетические пигменты: функционирование, экология, биологическая активность / О. В. Дымова, Т. К. Головкин // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2018. – № 3-4. – С. 5-16. DOI: 10.31040/2222-8349-2018-4-3-5-16

42. Жуковский, П.М. Культурные растения и их сородичи / П.М. Жуковский. - Ленинград: "Колос", 1971. – 751 с.

43. Жученко, А.А. Средоулучшающие технологии и активное долголетие / А.А. Жученко // Вестник восстановительной медицины. 2016. - № 1 (71). - С. 48-54.

44. Загайный, С.А. Важнейшие вредители субтропических и южных растений и меры борьбы с ними. – Краснодар: Краевое гос. изд-во, 1951. – 177 с.

45. Зайцев Г. Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1973. – 256 с.

46. Заремук, Р.Ш. Биоморфологические особенности формирования и реализации потенциала продуктивности у сортов косточковых культур в условиях южного садоводства / Р.Ш. Заремук, Ю.А. Доля, Т.А. Копнина //

Сельскохозяйственная биология. – 2020. – Т. 55, № 3. – С. 573-587. – DOI 10.15389/agrobiology.2020.3.573rus.

47. Заремук, Р.Ш. Физиологические аспекты засухоустойчивости сортов вишни / Р.Ш. Заремук, Т.А. Копнина, Ю.А. Доля // Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – № 2(26). – С. 89-99. – DOI 10.33952/2542-0720-2021-2-26-89-99.

48. Зорин, Ф.М. Селекция цитрусовых / Ф.М. Зорин // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. – Т. 32. - №1. – Л., 1955. – С. 252.

49. Иванов, Л. А. Изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале / Л. А. Иванов, Л.А. Иванова, Д.А. Ронжина, П.К. Юдина // Физиология растений. – 2013. – Т. 60, № 6. – С. 856. – DOI 10.7868/S0015330313050072.

50. Игнатова, Е.А. Цитрусовая минирующая моль (сокоедка) в субтропиках РФ // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2009. – №. 42-2. – С. 260-265.

51. Игнатова, Е.А. Виды кокцид на цитрусовых культурах в субтропиках Краснодарского края / Е.А. Игнатова, Н.Н. Карпун // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2013. – № 48. – С. 209-220.

52. Ильяшенко К. Культура цитрусовых / К. Ильяшенко. – Москва: ВАСХН им. В.И. Ленина, 1936. – 169 с.

53. Капанадзе, И.С. Основные биогенетические особенности цитрусовых: автореф. дисс. ... докт. биол. наук / И.С. Капанадзе. – Тбилиси, 1967. – 33 с.

54. Карпова, Е.А. Динамика содержания пигментов в листьях *Vegetia grandis* Dryander subsp. *grandis* при интродукции в Западной Сибири (г. Новосибирск) / Е.А. Карпова, Т.Д. Фершалова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2016. – №. 1 (33) - С. 140 – 158.

55. Карпун, Н.Н. Структура комплексов вредных организмов древесных растений во влажных субтропиках России и биологическое обоснование мер защиты: дисс. ... д-ра биол. наук: Карпун Наталья Николаевна / 06.01.07. – Сочи, 2018. – 399 с.

56. Карпун, Н.Н. Особенности инвазии вредителей растений во влажных субтропиках России в начале 21 века / Н.Н. Карпун // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. – 2018. – № 13. – С. 580-583.
57. Карпун, Н.Н. Особенности комплекса вредных организмов цитрусовых культур во влажных субтропиках России / Н.Н. Карпун, В.Е. Проценко // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т. 48, № 2. – С. 136-139.
58. Каталог цитрусовых культур. Коллекция ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии / сост. В.М. Горшков, В.А. Фогель, Р.В. Кулян; под ред. А.В. Рындина. – Сочи: ГНУ ВНИИЦиСК Россельхозакадемии, 2013. – 91 с.: 76 ил. – ISBN 978-5-904533-17-5.
59. Керкадзе, И.Г. К вопросу возникновения в цитрусовых естественных мутаций / И.Г. Керкадзе // Субтропические культуры. – 1975б. – № 5. – С. 31-35.
60. Киселева, Н.С. Способ вычисления площади листа груши по линейным измерениям с помощью расчетных коэффициентов и методов вариационной статистики / Н. С. Киселева // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52, № 1. – С. 211-217. DOI 10.15389/agrobiology.2017.1.211rus.
61. Коба, В.П. Фотосинтетическая активность листьев некоторых декоративных растений в синэкологических группах / В.П. Коба, В.А. Браилко, О. О. Коренькова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2017. – № 18(267). – С. 27-35.
62. Кожин, А.Е. Померанцевые и развитие их культуры в СССР / А.Е. Кожин // Труды по прикл. бот., ген. и сел. – Т. 26, Вып. 1. – 1931. – С. 241-540.
63. Кожин, А.Е. Происхождение культуры цитрусовых и современные очаги их разнообразия / А.Е. Кожин // Природа. – 1936. – № 8. – С. 28-40.
64. Коптева, А.А. Цитрусовые эфирные масла как естественные антиоксиданты в составе пищевых продуктов / А.А. Коптева // Наука и образование: векторы развития: Материалы международной научно-практической конференции, Чебоксары, 20 ноября 2020 года. – Чебоксары: Негосударственное

образовательное частное учреждение дополнительного профессионального образования "Экспертно-методический центр", 2020. – С. 24-28. – EDN TIBYRZ.

65. Копылов, В.И. Субтропические культуры: учебное пособие / В.И. Копылов, Т.В. Литвинова, В.В. Николенко, Е.Л. Шишкина; под редакцией В.И. Копылова. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 320 с. – ISBN 978-5-8114-3318-6.

66. Кошкин, Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур: учебник / Е.И. Кошкин. – М.: Дрофа, 2010. – 638 с.

67. Кудоярова, Г. Р. Реакция устьиц на изменение температуры и влажности воздуха у растений разных сортов пшеницы, районированных в контрастных климатических условиях / Г. Р. Кудоярова, Д. С. Веселов, Р. Г. Фаизов [и др.] // Физиология растений. – 2007. – Т. 54, № 1. – С. 54-58. – ISSN: 0015-3303

68. Кулава, Л.Д. Основные виды вредителей цитрусовых культур в Республике Абхазия / Л.Д. Кулава, Н.Н. Карпун // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2017. – № 61. – С. 189-196.

69. Кулешов, А. С. Оценка устойчивости редких таксонов рода *Citrus* к доминирующим вредителям в условиях влажных субтропиков России / А.С. Кулешов, Р.В. Кулян, Н.Н. Карпун // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2022. – № 82. – С. 180-194. – DOI 10.31360/2225-3068-2022-82-180-193.

70. Кулешов, А.С. Редкие виды рода *Citrus* и их использование (литературный обзор) / А.С. Кулешов, Р.В. Кулян // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2020. – № 73. – С. 51-61. – DOI 10.31360/2225-3068-2020-73-51-61.

71. Кулешов, А.С. Химический состав представителей рода *Citrus* (литературный обзор) / А.С. Кулешов, О.Г. Белоус // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2020. – № 72. – С. 108-116. – DOI 10.31360/2225-3068-2020-72-108-116.

72. Кулешов, А.С. Влияние гидротермических условий на прохождение фазы цветения редких видов рода *Citrus* в условиях влажных субтропиков России

/ А.С. Кулешов // Аграрная наука - сельскому хозяйству : сборник докладов по Материалам Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), посвященной 60-летию ФГБНУ «Адыгейский НИИСХ», Майкоп, 17–19 ноября 2021 года / Адыгейский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. – Майкоп: Издательство "Магарин Олег Григорьевич", 2021. – С. 447-451.

73. Кулян, Р. В. Цитрусовые культуры в интерьере / Р. В. Кулян // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2011. – № 45. – С. 296-300.

74. Кулян, Р. В. Оценка генофонда цитрусовых во влажных субтропиках России для создания новых форм мандарина: специальность 06.01.05 "Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений»: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Кулян Раиса Васильевна. – Сочи, 2014. – 193 с.

75. Кулян, Р. В. Лайм (*Citrus aurantifolia* Sw.), его сорта и гибриды в коллекции ВНИИЦиСК / Р. В. Кулян // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4. – С. 16-20.

76. Кулян, Р.В. Генетические ресурсы цитрусовых культур в России, Украине и Беларуси: хранение и использование / Р.В. Кулян, Л.С. Самарина, Р.С. Рахмангулов [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – Т. 21, № 5. – С. 506-514. – DOI 10.18699/VJ17.21-о.

77. Кулян, Р.В. Ассимиляционный аппарат отдаленных гибридов цитрусовых, как элемент неспецифического механизма устойчивости / Р.В. Кулян, О.Г. Белоус, Н.Б. Платонова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 5. – С. 29-32. – DOI 10.30850/vrsn/2021/5/29-32.

78. Кулян, Р.В. Отдалённая гибридизация мандарина с дикими и полудикими сородичами рода *Citrus* / Р.В. Кулян // Научное обеспечение устойчивого развития плодоводства и декоративного садоводства : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию ВНИИЦиСК и 85-летию Ботанического сада "Дерево Дружбы", Сочи, 23–27

сентября 2019 года. – Сочи: Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур, 2019. – С. 228-233.

79. Кулян, Р.В. Влияние погодных условий на продуктивность коллекционных сортов мандарина (*Citrusreticulata Blanco var. Unshiutan.*) во влажных субтропиках России / Р.В. Кулян, В.М. Горшков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2019. – № 3(58). – С. 39-42.

80. Кулян, Р.В. Характеристика устьичного аппарата редких видов рода *Citrus* в условиях влажных субтропиков России / Р.В. Кулян, А.С. Кулешов, Н.А. Коннов // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 4. – С. 27-31. – DOI 10.28983/asj.y2022i4pp27-31.

81. Кунина, В.А. Состояние фотосинтетических пигментов листьев древесных растений в условиях городской среды / В.А. Кунина, О.Г. Белоус // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2020. – Т. 6 (72), № 2. – С. 108-118. – DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-108-118.

82. Ладыженко, Т.А. Экофизиологический скрининг пигментного фонда листьев тропических и субтропических видов растений, культивируемых в оранжерее / Т.А. Ладыженко, Н.В. Гетко, Л.Ф. Кабашникова // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. – 2013. – № 3. – С. 17-22.

83. Логвинова, Е.Е. Определение органических кислот в плодах аронии черноплодной / Е.Е. Логвинова, Т.А. Брежнева, А.И. Сливкин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. – 2015. – № 10(207). – С. 190-195.

84. Лусс, А.И. Померанцевые Японии и соседних стран Юго-Восточной Азии / А.И. Лусс // Труды по прикл. бот., ген. и селек. – 1931. – Т. 26. - №1. – С. 141-240.

85. Лусс, А.И. Цитрусовые культуры в СССР / А.И. Лусс. – М.: Сельхозиздат, 1947. – 129 с.

86. М 04-47–2012 Метод измерения массовой концентрации органических кислот и их солей методом капиллярного электрофореза. Москва: Люмэкс, 2012 – 43 с.
87. Малеев, В. П. Теоретические основы интродукции. – Л.: Сельхозгиз, 1933 – 160 с.
88. Маматов, К.Ш. Цитрусовые клещи в закрытом грунте / К.Ш. Маматов, А. Мамбетназаров, А.А. Муранов // Наука и мир. – 2016. – № 5-2(33). – С. 67-68.
89. Маркович, В.В. Померанцевые для Черноморского побережья Кавказа / В.В. Маркович // Изв. Соч. обл. и Сухум. садов. и с.-х. опыт. станции. – 1921. – № 2. – С. 31.
90. Маршания, И.И. Удобрения цитрусовых культур / И.И. Маршания – Сухуми, 1970. – С. 102-268.
91. Мосияш, А.С. Агроклиматическая характеристика Большого Сочи / А.С. Мосияш, А.М. Лугавцов – Рн/Д: Северо-Кавказское Управление гидромедслужбы, 1967. – 130 с.
92. Мосияш, А.С. Климат горно-субтропической зоны Черноморского побережья Краснодарского края / А.С. Мосияш // Горное садоводство юга СССР. – Сочи, 1970. – С. 269-282.
93. Мосияш, А.С. Фенология субтропических культур в зависимости от погодных условий в Сочи / А.С. Мосияш // Сб. науч. тр. Сочин. опыт ст. субтр. и юж. плод. культур. – 1963. – Вып. 17. – С. 98-119.
94. Пикушова, Э.А. Методические указания к учебной практике по курсу: «Защита растений» / Э.А. Пикушова, Е.Ю. Веретельник. – Краснодар, 2009. – 71 с.
95. Платонова, Н.Б. Фотосинтетические пигменты, как элемент формирования адаптивности растений чая / Н.Б. Платонова, О.Г. Белоус // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2019. – Т. 5 (71), № 3. – С. 76-84. ISSN: 2413-1725
96. Платонова, Н. Б. Влияние гидротермических условий вегетации на содержание флавоноидов в листьях чая / Н.Б. Платонова, О.Г. Белоус //

Субтропическое и декоративное садоводство. – 2020. – № 72. – С. 116-123. – DOI 10.31360/2225-3068-2020-72-116-123.

97. Погода и климат. – [Electronic resource]. – 2022. – Access mode: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/37099.htm> – Data access: 12.10.2022.

98. Поладашвили, Р.О. Эфирные масла / Р.О. Поладашвили // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 73-2. – С. 59-62. – DOI: 10.18411/lj-05-2021-59. – EDN SCBBGR.

99. Покровский, Б.Н. Лимон – против всех болезней / М.: АСС-Центр: ИКТЦ Лада. – 2005. – 61 с.

100. Потапович, А.И. Сравнительное исследование антиоксидантных цитопротекторной активности флавоноидов / А.И. Потапович, В.А. Костюк // Биохимия. – 2003. – Т. 68. – № 5. – С. 632-638. – ISSN 0320-9725.

101. Практикум по физиологии растений: учебно-методическое пособие / В.Н. Воробьев, Ю.Ю. Невмержицкая, Л.З. Хуснетдинова, Т.П. Якушенкова. – Казань: Казанский университет, 2013. – 80 с.

102. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур, под общ. ред. Е.Н. Седова и Т.П. Огольцовой. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

103. Рындин, А.В. Любительское цитrusоводства. Монография / А.В. Рындин, В.М. Горшков, Р.В. Кулян, Н.Н. Карпун, Е.А. Игнатова, Д.А. Сабекия. – Сочи, ВНИИЦиСК. - 2016. – 130 с.

104. Рындин, А.В. Агроклиматические условия формирования урожая цитrusовых в зоне влажных субтропиков / А.В. Рындин, В.М. Горшков // Садоводство и виноградарство. – 2012. – № 6. – С. 31-34.

105. Рындин, А.В. Коллекция цитrusовых культур во влажных субтропиках России / А.В. Рындин, Р.В. Кулян // Садоводство и виноградарство. – 2016. – № 5. – С. 24-30. – DOI 10.18454/VSTISP.2016.5.3445.

106. Рындин, А.В. Коллекции субтропических плодовых, орехоплодных (кроме *Juglans* и *Corylus*), масличных и пряно-вкусовых растений Российской Федерации, Республики Абхазия и Республики Беларусь / А.В. Рындин, Н.Н.

Карпун, Н.А. Слепченко [и др.]. – Сочи: Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур, 2019. – 167 с. ISBN 978-5-904533-31-1.

107. Рындин, А.В. Оценка эффективности применения новых регуляторов роста в субтропическом садоводстве / А.В. Рындин, О.Г. Белоус, М.Д. Омаров, Ю.С. Абиьлфазова // Проблемы агрохимии и экологии. – 2019. – № 3. – С. 34-38. – DOI: 10.26178/AE.2019.70.59.007.

108. Рязанова, Л.Г. Основы статистического анализа результатов исследований в садоводстве: учебн.-метод. пособие / Л.Г. Рязанова, А.В. Проворченко, И.В. Горбунов. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – 61 с.

109. Сааков, С.Г. Оранжерейные и комнатные растения и уход за ними Л.: Наука, 1985 – 621 с.

110. Самарина, Л.С. Оптимизация приемов микроразмножения и сохранения лимона *in vitro*: специальность 03.01.06 "Биотехнология (в том числе бионанотехнологии)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Самарина Лидия Сергеевна. – Сочи, 2013. – 125 с.

111. Самарина, Л.С. Фотосинтетическая активность микропобегов *Citrus limon* (L.) Вurm при хранении *in vitro* / Л.С. Самарина, Ю.С. Абиьлфазова, О.И. Пашенко // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2016. – № 59. – С. 132-138.

112. Самоладас, Т.Х. Культура лимона в СССР / Т.Х. Самоладас. – Тбилиси: Сабчота сакартвело, 1978. – 242 с.

113. Санин, С.С. Адаптивная защита растений – важнейшее звено современного растениеводства / С.С. Санин // Защита и карантин растений. – 2019. – № 2. – С. 3-10.

114. Стандарт ЕЭК ООН FFV- 14, касающийся сбыта и контроля товарного качества плодов цитрусовых, Нью-Йорк и Женева, 2017

115. Сулаймонов, О.А. Вред сосущих вредителей цитрусовых культур / О.А. Сулаймонов, А.А. Хакимов, Г.Т. Дусмуродова // Евразийский союз ученых. – 2020. – № 5-10(74). – С. 31-33. – DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2020.10.74.804.

116. Сапиев, А.М. Субтропическое садоводство России / А.М. Сапиев, В.В. Воронцов, В.В. Кобляков // М.: ИК «Родник», ж-л «Аграрная наука», 1997. – 184с.

117. Тимофейчук, Е.Д. Содержание аскорбиновой кислоты в различных видах цитрусовых / Е.Д. Тимофейчук, М.Д. Черемисина // Молодая наука - практическому здравоохранению : материалы 93-й итоговой научно-практической конференции студентов, ординаторов, аспирантов, молодых ученых (до 35 лет) ПГМУ имени академика Е.А. Вагнера, Пермь, 13–17 апреля 2020 года / Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020. – С. 206-208.

118. Ткаченко, К.Г. Растения для здоровья человека в доме и офисе / К.Г. Ткаченко // Монография. - Saarbrücken: Изд – во «LAP LAMBERT» 2017. – 182 с.

119. Трубачев, В.В. Биологические особенности цитрусовых и их хозяйственная оценка в оранжереях Прикубанской зоны садоводства: специальность 06.01.07 "Защита растений»: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Трубачев Вениамин Владимирович. – Краснодар, 2004. – 250 с.

120. Узокова, Ш.Ж.К. Фенология развития цитрусовой белокрылки (*Dialeurodes citri* Ashm) и цитрусовой восковой ложнощитовки (*Ceroplastes sinensis* Guer) на цитрусовых культурах / Ш.Ж.К. Узокова // *Universum: химия и биология*. – 2023. – № 1-1(103). – С. 21-23.

121. Фогель, В.А. Формирование вредной и полезной энтомофауны на цитрусовых культурах в субтропиках РФ / В.А. Фогель, Е.А. Игнатова // *Субтропическое и декоративное садоводство*. – 2004. – № 39-2. – С. 418-427. ISSN: 2225-3068

122. Фогель, В.А. Цитрусовая минирующая моль (сокоедка) / В.А. Фогель, Е.А. Игнатова // *Вестник защиты растений*. – 2003. – №. 1. – С. 70-71.

123. Фогель, В.А. Некоторые биологические особенности цитрусовых при выращивании в неотапливаемых теплицах субтропиков России / В.А. Фогель //

Субтропическое и декоративное садоводство. – 2004. – № 39-2. – С. 403-413.
ISSN: 2225-3068

124. Хлесткина, Е.К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции / Е.К. Хлесткина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17, № 4-2. – С. 1044-1054. ISSN: 2500-0462

125. Хомицкая, Л.Н. Мониторинг – это квалифицированный труд, без которого невозможна рациональная защита растений / Л.Н. Хомицкая // Защита и карантин растений. – 2020. – № 6. – С. 6-7. ISSN: 1026-8634

126. Шлык, А.А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев / А.А. Шлык // Биохимические методы в физиологии растений. М.: Наука. – 1971. – Т. 19. – №. 1. – С. 154 - 170.

127. Ягдарова, О.А. Особенности прохождения фенофаз у однолетних декоративных растений в условиях городской среды / О. А. Ягдарова, О. Л. Воскресенская // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2013. – №. 2. – С. 12-18. ISSN: 2313-2310

128. Якуба, Ю.Ф. Определение глюкозы, сахарозы и фруктозы методом капиллярного электрофореза / Ю.Ф. Якуба, М.Г. Марковский // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84, № 1. – С. 89-94. ISSN: 0042-8833

129. Abobatta, W. F. Nutritional benefits of citrus fruits / W. F. Abobatta // Am. J. Biomed. Sci. Res. – 2019. – V.3. – P. 303-306. DOI:10.34297/AJBSR.2019.03.000681.

130. Ahmed, S., Integrated Management of *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) through Natural Enemies, Mineral Oil and Insecticide in a Citrus Nursery of Faisalabad, Punjab, Pakistan / S. Ahmed, M.M. Shakir, A. Younis // Thai Journal of Agricultural Science. – 2013. – Vol. 46(3). – P. 135-140.

131. Akhlaghi, M. Citrus aurantium blossom and preoperative anxiety / M. Akhlaghi, G. Shabaniyan, M. Rafieian-Kopaei, N. Parvin, M. Saadat, M. Akhlaghi, //Revista brasileira de anestesiologia. – 2011. – V. 61. – P. 707-712. doi.org/10.1590/S0034-70942011000600002

132. Ali, A. Remotely sensed real-time quantification of biophysical and biochemical traits of Citrus (*Citrus sinensis* L.) fruit orchards—A review / A. Ali, M. Imran // *Scientia Horticulturae*. – 2021. – V. 282. – P. 110024. doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110024
133. Amiryousefi, A. iMEC: Online Marker Efficiency Calculator / A. Amiryousefi, J. Hyvönen, P. Poczai // *Applications in Plant Sciences*. – 2018. – 6(6): e01159. doi.org/10.1002/aps3.1159
134. Arbona, V. Antioxidant enzymatic activity is linked to waterlogging stress tolerance in citrus / V. Arbona, Z. Hossain, M. F. López-Climent, R. M. Pérez-Clemente, A. Gómez-Cadenas // *Physiologia Plantarum*. – 2008. – V. 132. – №. 4. – P. 452-466. DOI:10.1111/j.1399-3054.2007.01029.x
135. Ayba, L.Ya. Resistance of citrus crops in Abkhazia to damage by the woolly whitefly *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) / L.Ya. Ayba, N.N. Karpun, L.D. Kulava, E.I. Shoshina, D.A. Sabekia // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2021a. – Vol. 723. – 022057. – doi:10.1088/1755-1315/723/2/022057
136. Barkley, N. A. What phylogeny and gene genealogy analyses reveal about homoplasy in citrus microsatellite alleles / N. A. Barkley, R. R. Krueger, C. T. Federici, M. L. Roose // *Plant Systematics and Evolution*. – 2009. – V. 282. – № 1-2. – P. 71-86. doi.org/10.1007/s00606-009-0208-2
137. Ballester, C. Response of Navel Lane Late citrus trees to regulated deficit irrigation: yield components and fruit composition / C. Ballester, J. Castel, D.S. Intrigliolo, J.R. Castel // *Irrigation Science*. – 2013. – T. 31. – C. 333-341. doi.org/10.1007/s00271-011-0311-3
138. Balfagón, D. Citrus rootstocks modify scion antioxidant system under drought and heat stress combination / D. Balfagón, F. Terán, T. D. R. de Oliveira, C. Santa-Catarina, A. Gómez-Cadenas // *Plant Cell Reports*. – 2022. – V. 41. – P. 593–602. DOI:10.1007/s00299-021-02744-y
139. Barrett, H. A numerical taxonomic study of affinity relationships in cultivated Citrus and its close relatives / H. Barrett, A. Rhodes // *Syst Bot*. 1976 - V.1 (2) - P. 105 – 136.

140. Biswas, M.K. Utility of RAPD, ISSR, IRAP and REMAP markers for the genetic analysis of Citrus spp / M.K. Biswas, Q. Xu, X. Deng // *Scientia Horticulturae*. – 2010. – V. 124(2). – P. 254-261. doi.org/10.1016/j.scienta.2009.12.013
141. Bartholomew, E.T. Soluble constituents and buffer properties of orange juice / E.T. Bartholomew, W.B. Sinclair // *Plant Physiol.* – 1943. – V.18 – P. 185–206
142. Bouzayen, M. et al. Mechanism of fruit ripening / M. Bouzayen, A. Latché, P. Nath, J.C. Pech // *Plant Developmental Biology-Biotechnological Perspectives*. – 2009. – V.1– P. 319-339. - DOI: 10.1007/978-3-642-02301-9_16
143. Carvalho-Freitas, M. I. R. Anxiolytic and sedative effects of extracts and essential oil from Citrus aurantium L. / M. I. R. Carvalho-Freitas, M. Costa // *Biological and Pharmaceutical Bulletin*. – 2002. – V. 25. – №. 12. – P. 1629-1633. doi.org/10.1248/bpb.25.1629
144. Cazzonelli, C.I. Carotenoids in nature: insights from plants and beyond / C.I. Cazzonelli // *Functional Plant Biology*. – 2011. – V. 38(11). – P. 833-847.
145. Chater, C.C. Origins and evolution of stomatal development / C. C. Chater, R.S. Caine, A.J. Fleming, J.E. Gray // *Plant Physiol.* – 2017. – V. 174. – P. 624–638. doi.org/10.1104/pp.17.00183.
146. Collard, B.C.Y., Mackill D.J. Start Codon Targeted (SCoT) Polymorphism: A Simple, Novel DNA Marker Technique for Generating Gene-Targeted Markers in Plants / B.C.Y. Collard, D.J. Mackill // *Plant molecular biology reporter*. – 2009. – V. 27(1). – P. 86-93. DOI 10.1007/s11105-008-0060-5
147. Costa, L. Determining leaf stomatal properties in citrus trees utilizing machine vision and artificial intelligence / L. Costa, L. Archer, Y. Ampatzidis, L. Casteluci, G. A. Caurin, U. Albrecht, // *Precision Agriculture*. – 2021. – V. 22. – P. 1107-1119. DOI:10.1007/s11119-020-09771-x
148. Cronjé, P. J. R. Susceptibility to postharvest peel pitting in Citrus fruits as related to albedo thickness, water loss and phospholipase activity / P. J. R. Cronjé, L. Zacarías, F. Alférez // *Postharvest Biology and Technology*. – 2017. – V.123. – P. 77-82. doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.08.012

149. DARwin – Dissimilarity Analysis and Representation for Windows. Available online: <https://darwin.cirad.fr/overview> (accessed on 12 December 2022).
150. De Ancos, B. Influence of orange cultivar and mandarin postharvest storage on polyphenols, ascorbic acid and antioxidant activity during gastrointestinal digestion / B. De Ancos, A. Cilla, R. Barberá, C. Sánchez-Moreno, M. P. Cano // *Food Chemistry*. – 2017. – V. 225. – P. 114-124. doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.098
151. Demard, E. Citrus Rust Mite *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) (Arachnida: Acari: Eriophyidae) / E. Demard, J.A. Qureshi // *EDIS*. – 2020. – V. 2020(3). DOI:10.32473/edis-in1278-2020
152. Doyle, J.J. Isolation of plant DNA from fresh tissue / J. J. Doyle, J. L. Doyle // *Focus*. – 1990. – V. 12. – № 13. – P. 39-40.
153. Drake, P.L. Smaller, faster stomata: scaling of stomatal size, rate of response, and stomatal conductance / P. L. Drake, R. H Froend, P. J. Franks // *Journal of experimental botany*. - 2013. - V. 64. - №2. - P. 495–505. doi.org/10.1093/jxb/ers347.
154. Dugo, G., Bonaccorsi, I. (ed.). *Citrus Bergamia: Bergamot and its derivatives*. – CRC Press, 2013.
155. Esen, A. Amylase polymorphism in Citrus and some related genera / A. Esen, R.W. Scora // *American Journal of Botany*. - 1977 – V. 64 (3). – P. 305-309.
156. FAO. Faostat: Citrus fruits, oranges, lemon, total, production quantity (tons) - for all countries. – 2020. [Electronic resource]. – Mode access: <http://faostat.fao.org> – Дата доступа 03.02.2023.
157. Fathi, H The Importance of Using Medicinal Plants and Natural Products in Order to Treat Depression, Regarding Iranian Traditional and Islamic Medicine and Laboratory Studies / H. Fathi, M. A. Ebrahimzadeh, R. Ataie, S. Eslami, N. Esmaealzadeh, M. B. M. Laeeni // *Tabari Biomedical Student Research Journal*. – 2020. – V.2(3). – P. 38-47. DOI:10.18502/tbsrj.v2i3.4533
158. Gogoi, M. Estimation of the chlorophyll concentration in seven Citrus species of Kokrajhar district, BTAD, Assam, India / M. Gogoi, M. Basumatary // *Trop Plant Res*. – 2018. – V. 5. – P. 83-87. DOI: 10.22271/tpr.2018.v5.i1.012

159. Georgieva, K. Some mechanisms of damage and acclimation of the photosynthetic apparatus due to high temperature / K. Georgieva // *Bulg. J. Plant Physiol.* – 1999. – V. 25. – №. 3-4. – P. 89-99.
160. Goldschmidt, E.E. *Citrus* / E. E. Goldschmidt, K. E. Koch // *Photoassimilate distribution plants and crops source-sink relationships.* – Routledge, 2017. – C. 797-824. ISBN:9780203743539
161. Golein, B. Analysis of genetic relationship between ‘Bakraee’ (*Citrus* sp.) and some known *Citrus* genotypes through SSR and PCR-RFLP markers / B. Golein, M. Bigonah, M. Azadvar, M. Golmohammadi // *Scientia Horticulturae.* – 2012. – V. 148. – P. 147-153. doi.org/10.1016/j.scienta.2012.10.012
162. González-Mas, M. Volatile Compounds in *Citrus* Essential Oils: A Comprehensive Review / M.C. González-Mas, J.L. Rambla, M.P. López-Gresa, M.A. Blázquez, A. Granell // *Frontiers in Plant Science.* 2019 – 12 p. doi:10.3389/fpls.2019.00012
163. Guan, Ch. Inter- and Intra-specific Genetic Diversity in *Diospyros* Using SCoT and IRAP Markers / Ch. Guan, S. Chachar, P. Zhang, Ch. Hu, R. Wang, Y. Yang // *Horticultural Plant Journal.* 2020. – V. 6. – № 2. – P. 71–80. doi.org/10.1016/j.hpj.2019.12.005
164. Gulsen, O. Lemons: diversity and relationships with selected *Citrus* genotypes as measured with nuclear genome markers / O. Gulsen, M.L. Roose, // *Journal of the American Society for Horticultural Science.* – 2001. – V. 126. (3). – P. 309-317. doi.org/10.21273/JASHS.126.3.309
165. Guo, D. Genetic relationships of *Diospyros kaki* Thunb. and related species revealed by IRAP and REMAP analysis / D. Guo, H. Zhang, Z. Luo // *Plant Science.* – 2006. – T. 170. – №. 3. – C. 528-533. doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.10.006
166. Hetherington, A.M. The role of stomata in sensing and driving environmental change / A.M. Hetherington, F.I. Woodward // *Nature.* 2003.T. 424. No. 6951. P. 901–908. DOI: 10.1038/nature01843.

167. Hirano, E. Relative abundance of stomata in citrus and some related genera / E. Hirano // *Botanical Gazette*. – 1931. – V. 92. – №. 3. – P. 296-310
doi.org/10.1086/334198
168. Hodgson, R.W. Taxonomy and nomenclature in citrus / R.W. Hodgson // *International Organization of Citrus Virologists Conference Proceedings (1957-2010)*. – 1961. – V. 2. – №. 2. ISSN 2313-5123
169. Hong T. Characteristics and correlations of leaf stomata in different *Aleurites montana* provenances / T. Hong, H. Lin, D. He // *PloS one*. 2018. - V. 13(12). DOI: [org/10.1371/journal.pone.0208899](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208899).
170. Jeandet, P. Phytoalexins: current progress and future prospects / P. Jeandet // *Molecules*. – 2015. – V. 20. – №. 2. – P. 2770-2774.
doi.org/10.3390/molecules20022770
171. Kalia, R. Microsatellite markers: An overview of the recent progress in plants / R. Kalia, M. Rai, S. Kalia, R. Singh, A. Dhawan // *Euphytica*. – 2011. – V. 177. – №.3. – P. 309-334. doi.org/10.1007/s10681-010-0286-9
172. Karp, D. The citron (*Citrus medica* L.) in China / D. Karp, X. Hu // *Horticultural Reviews*. – 2018. – V. 45. – P. 143-196.
doi.org/10.1002/9781119431077.ch5
173. Katkoff, V. The Soviet citrus industry / V. Katkoff // *Southern Economic Journal*. – 1952. – P. 374-380.
174. Kelebek, H. Determination of volatile, phenolic, organic acid and sugar components in a Turkish cv. Dortyol (*Citrus sinensis* L. Osbeck) orange juice / H. Kelebek, S. Selli // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. – 2011. – V. 91. – №. 10. – P. 1855-1862. doi.org/10.1002/jsfa.4396
175. Khanramaki, M. Citrus pests classification using an ensemble of deep learning models / M. Khanramaki, E.A. Asli-Ardeh, E. Kozegar // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2021. – V. 186. – P. 106192. [doi:org/ 10.1016/j.compag.2021.106192](https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106192)
176. Khodabakhsh, P. Analgesic and anti-inflammatory activities of *Citrus aurantium* L. blossoms essential oil (neroli): involvement of the nitric oxide/cyclic-

guanosine monophosphate pathway/ P. Khodabakhsh, H. Shafaroodi, J. Asgarpanah // *Journal of natural medicines*. – 2015. – V. 69. – P. 324-331. doi.org/10.1007/s11418-015-0896-6

177. Kim, J.S. Preliminary evaluation for comparative antioxidant activity in the water and ethanol extracts of dried citrus fruit (*Citrus unshiu*) peel using chemical and biochemical in vitro assays / J.S. Kim // *Food and Nutrition Sciences* – 2013.- V.4(2) – 12 p. DOI:10.4236/fns.2013.42025

178. Kummer, R. et al. Evaluation of anti-inflammatory activity of *Citrus latifolia* Tanaka essential oil and limonene in experimental mouse models / R. Kummer, F. C. Fachini-Queiroz, C. F. Estevão-Silva, R. Grespan, E. L. Silva, C. A. Bersani-Amado, R. K. N. Cuman // *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. – 2013. – T. 2013. doi.org/10.1155/2013/859083

179. Lamine, M. Elucidating genetic diversity among sour orange rootstocks: a comparative study of the efficiency of RAPD and SSR markers / M. Lamine, A. Mliki // *Applied biochemistry and biotechnology*. – 2015. - V. 175. – № 6. – P. 2996-3013. doi.org/10.1007/s12010-015-1477-6

180. Li, X. The origin of cultivated citrus as inferred from internal transcribed spacer and chloroplast DNA sequence and amplified fragment length polymorphism fingerprints / X. Li, R. Xie, Z. Lu, Z. Zhou // *Journal of the American Society for Horticultural Science*. – 2010. – V. 135 (4). – P. 341-350. doi.org/10.21273/JASHS.135.4.341

181. Liu, Y. Q. History, global distribution, and nutritional importance of citrus fruits / Y. Q. Liu, E. Heying, S. A. Tanumihardjo // *Comprehensive reviews in Food Science and Food safety*. – 2012. – V. 11. – №. 6. – P. 530-545. doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00201.x

182. Liu, C. Chemotaxonomic study of *Citrus*, *Poncirus* and *Fortunella* genotypes based on peel oil volatile compounds-deciphering the genetic origin of Mangshanyegan (*Citrus nobilis* Lauriro) / C. Liu, D. Jiang, Y. Cheng, X. Deng, F. Chen, L. Fang, Z. Ma, J. Xu // *PLoS One*. – 2013. – V. 8. – №. 3. – P. e58411. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058411

183. Mahjbi, A. Start Codon Targeted (SCoT) markers provide new insights into the genetic diversity analysis and characterization of Tunisian Citrus species / A. Mahjbi, G. Baraket, A. Oueslati, A. Salhi-Hannachi // *Biochemical Systematics and Ecology*. – 2015. – V. 61. – P. 390-398. doi.org/10.1016/j.bse.2015.07.017
184. Mditshwa A. et al. Postharvest factors affecting vitamin C content of citrus fruits: A review / A. Mditshwa, L. S. Magwaza, S. Z. Tesfay, U. L. Opara // *Scientia Horticulturae*. – 2017. – V. 218. – P. 95-104. doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.024
185. Miyake, Y., A novel trans-4-hydroxycinnamic acid derivative from Meyer lemon (*Citrus meyeri*) / Y. Miyake, C. Ito, M. Itoigawa // *Food chemistry*. – 2012. – T. 135. – №. 4. – C. 2235-2237. doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.020
186. Mondal, T.K. Assessment of genetic diversity of tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) by inter simple sequence repeat polymerase chain reaction / T. K. Mondal // *Euphytica*. – 2002. – V. 128. – № 3. – P. 307-315. doi.org/10.1023/A:1021212419811
187. Moore, G.A. Oranges and lemons: clues to the taxonomy of Citrus from molecular markers / G.A. Moore // *TRENDS in Genetics*. – 2001. – V. 17. – №. 9. – P. 536-540. doi.org/10.1016/S0168-9525(01)02442-8
188. Morton, J.F. et al. Fruits of warm climates. – JF Morton, 1987.
189. Morton, J.F. Sour orange (Morton, JF (Editor) *Fruits of Warm Climates*). Creative Resource Systems. - 1987 - V.890 - P.130-133
190. Morton, C.M. Phylogenetic relationships of the *Aurantioideae* (*Rutaceae*) based on the nuclear ribosomal DNA ITS region and three noncoding chloroplast DNA regions, atpB-rbcL spacer, rps16, and trnL-trnF / C.M. Morton // *Organisms Diversity & Evolution*. – 2009. – V. 9. – № 1. – P. 52-68. doi.org/10.1016/j.ode.2008.11.001
191. Morton, J. Citron. In: *Fruits of warm climates*. Julia F. Morton - Miami, FL. 1987. - P. 179–182.
192. Naegele, R.P. Identification of *Vitis* cultivars, rootstocks, and species expressing resistance to a planococcus mealybug / R.P. Naegele, P. Cousins, K.M. Daane // *Insects*. – 2020. – Vol. 11 - № 2. – P. 86. doi.org/10.3390/insects11020086

193. Navarra, M. Citrus bergamia essential oil: from basic research to clinical application / M. Navarra, C. Mannucci, M. Delbò, G. Calapai // *Frontiers in Pharmacology*. 2015 – 36 p. doi:10.3389/fphar.2015.00036.
194. Ogundele, O.O. Biochemical characteristics and antioxidant properties of citrus juice from lemon (*Citrus limon*), lime (*Citrus aurantifolia*) and grapefruit (*Citrus paradisi*) as influenced by degree of ripening / O.O. Ogundele, M.K. Bolade // *Asian Food Science Journal*. – 2021. – T. 20. – №. 3. – C. 40-51. DOI: 10.9734/AFSJ/2021/v20i330277
195. Ollitrault, P. Citrus / P. Ollitrault, L. Navarro // *Fruit breeding*. – Springer, Boston, MA, 2012. – C. 623-662. doi.org/10.1007/978-1-4419-0763-9_16
196. Othman, S.N.A.M. Essential oils from the Malaysian Citrus (Rutaceae) medicinal plants / S.N.A.M. Othman, M.A. Hassan, L. Nahar, N. Basar, S. Jamil, S. D. Sarker // *Medicines*: 2017 – V. 3 - 13 p. doi: 10.3390/medicines3020013.
197. Panara, K. A review on phytochemical and pharmacological properties of Citrus medica Linn / K. Panara, K. Joshi, K. Nishteswar // *Int. J. Pharm. Biol. Arch*. – 2012. – T. 3. – №. 6. – C. 1292-1297. ISSN 0976 – 3333
198. 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. – № 28. – P. 2537-2539. doi.org/10.1111/j.1471-8286.2005.01155.x
199. Pena, L. Citrus // *Compendium of transgenic crop plants*. – 2009. – P. 1-62.
200. Pérez-Pérez, J. G. Effects of deficit irrigation in different fruit growth stages on ‘Star Ruby’ grapefruit trees in semi-arid conditions / J. G. Pérez-Pérez, J. M. Robles, P. Botía // *Agricultural Water Management*. – 2014. – V. 133. – P. 44-54. doi.org/10.1016/j.agwat.2013.11.002
201. Perez, Y.Y. Citrus limetta leaves extract antagonizes the hypertensive effect of angiotensin II / Y.Y. Perez, E. Jimenez-Ferrer, D. Alonso, C.A. Botello-Amaro, A. Zamilpa // *Journal of ethnopharmacology*. – 2010. – V. 128 (3). – P. 611-614. doi.org/10.1016/j.jep.2010.01.059

202. Pinar, H. Molecular characterization of some selected persimmon genotypes and cultivars by SRAP and SSR markers / H. Pinar, E. Yildiz, M. Kaplankiran, M. Unlu, S. Serce, S. Ersizli // *Genetika*. – 2017. – T. 49. – № 2. – C. 693-704. doi:10.2298/gensr1702693p
203. Plastina, P. In vitro anti-inflammatory and radical scavenging properties of chinotto (*Citrus myrtifolia* Raf.) essential oils / P. Plastina, A. Apriantini, J. Meijerink, R. Witkamp, B. Gabriele, A Fazio, // *Nutrients*. – 2018. – V. 10. – №. 6. – P. 783. doi.org/10.3390/nu10060783
204. Raghavendra, A.S. Beneficial interactions of mitochondrial metabolism with photosynthetic carbon assimilation / A.S. Raghavendra, K. Padmasree // *Trends in plant science*. – 2003. – V. 8. – №. 11. – P. 546-553. doi.org/10.1016/j.tplants.2003.09.015
205. Reddy, P. M. Inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding / P.M. Reddy, N. Sarla, E. Siddiq // *Euphytica*. – 2002. – V. 128. – № 1. – P. 9-17. doi.org/10.1023/A:1020691618797
206. Ribeiro, R.V. Some aspects of citrus ecophysiology in subtropical climates: re-visiting photosynthesis under natural conditions / R.V. Ribeiro, E.C. Machado // *Brazilian Journal of Plant Physiology*. – 2007. – V. 19. – P. 393-411. doi.org/10.1590/S1677-04202007000400009
207. Rodrigo, M.J. Biochemical bases and molecular regulation of pigmentation in the peel of Citrus fruit / M.J. Rodrigo, B. Alquézar, E. Alós, J. Lado, L. Zacarías // *Scientia Horticulturae*. – 2013. – T. 163. – C. 46-62. doi.org/10.1016/j.scienta.2013.08.014
208. Rodríguez-Gamir, J. Citrus rootstock responses to water stress / J. Rodríguez-Gamir, E. Primo-Millo, J.B. Forner, M.A. Forner-Giner // *Scientia Horticulturae*. – 2010. – V. 126 (2). – P. 95-102. doi.org/10.1016/j.scienta.2010.06.015
209. Romero, P. Deficit irrigation and rootstock: their effects on water relations, vegetative development, yield, fruit quality and mineral nutrition of *Clemenules mandarin* / P. Romero, J. M. Navarro, J. G. Pérez-Pérez, F. García-Sánchez, A. Gómez-

Gómez, I. Porras, ... P. Botía // *Tree physiology*. – 2006. – V. 26. – №. 12. – P. 1537-1548. doi.org/10.1093/treephys/26.12.1537

210. Saini, T. Jaglan, M. S., Yadav, S. S., & Garg, R. Biology of citrus whitefly, *Dialeurodes citri* (Ashmead) on *Citrus reticulata* (Mandarin) var. Kinnow / T. Saini, M. S. Jaglan, S. S. Yadav, R. Garg // *Journal of Applied and Natural Science*. – 2016. – V. 8. – №. 4. – P. 1735-1739. DOI:10.31018/jans.v8i4.1032

211. Samarina, L.S. Genetic diversity and phylogenetic relationships among citrus germplasm in the Western Caucasus assessed with SSR and organelle DNA markers / L.S. Samarina, R.V. Kulyan, N.G. Koninskaya [et al.] // *Scientia Horticulturae*. – 2021. – Vol. 288. – P. 110355. – DOI 10.1016/j.scienta.2021.110355. – EDN BESFTA.

212. Sarrou, E. Volatile constituents and antioxidant activity of peel, flowers and leaf oils of *Citrus aurantium* L. growing in Greece / E. Sarrou, P. Chatzopoulou, K. Dimassi-Theriou, I. Therios // *Molecules* – 2013 – V.18 - P. 10639–10647. doi: 10.3390/molecules180910639.

213. Sato, K. Influence of drought and high temperature on citrus / K. Sato // *Abiotic stress biology in horticultural plants*. – 2015. – P. 77-86. doi.org/10.1007/978-4-431-55251-2_6

214. Shimizu, T. Hybrid Origins of Citrus Varieties Inferred from DNA Marker Analysis of Nuclear and Organelle Genomes / T. Shimizu, A. Kitajima, K. Nonaka, T. Yoshioka, S. Ohta, S. Goto, A. Toyoda, A. Fujiyama, T. Mochizuki, H. Nagasaki, E. Kaminuma, Y. Nakamura // *Plos One* – 2016. – V. 11. – № 11. – P. e0166969. doi.org/10.1371/journal.pone.0166969

215. Spooner, D.M. Molecular markers for genebank management. – *Biodiversity International*, 2005. – №. 10.

216. Swingle, W.T. The botany of citrus and its wild relatives. In Walter Reuther: *The citrus industry*. – USA: University of California Press, 1967. – P. 190-430.

217. Swingle, W.T. The orange subfamily, Aurantioideae / W.T. Swingle // *The Citrus Industry*. 1946. - V. (1). - P. 135- 174.

218. Talon, M. Citrus genomics / M. Talon, F.G. Gmitter // International journal of plant genomics. – 2008. doi: 10.1155/2008/528361
219. Tanaka T.A. History of dispute in the Citrus classification / T.A. Tanaka // Stud. Citrolog. – 1935. – Vol. 6. – P. 19-40.
220. Tanaka, T.A. Hodgson's citrus classification discussed / T.A. Tanaka // Bulletin of the University of Osaka Prefecture. Ser. B, Agriculture and biology. –1966. – V. 18. – P. 25-29
221. Tareen, H. Determination of Vitamin C content in Citrus Fruits and in Non-Citrus Fruits by Titrimetric method, with special reference to their nutritional importance in Human diet / H. Tareen, F. Mengal, Z. Masood, R. Mengal, S. Ahmed, S. Bibi, ... Z. Nawaz // Biological Forum. – Research Trend, 2015. – V. 7. – №. 2. – P. 367. ISSN: 2249-3239
222. The Plant List 2013. – [Electronic resource]. – 2022. – Access mode: <http://www.theplantlist.org>. – Data access: 12.10.2022.
223. Tranchida, P.Q. Analysis of Citrus essential oils: state of the art and future perspectives / P.Q. Tranchida, I. Bonaccorsi, P. Dugo, L. Mondello, G. Dugo // A review. Flavour Frag. J. 2012 – V.27 – P. 98–123. doi: 10.1002/ffj.2089
224. Volk, G. M. Conserving Citrus Diversity: From Vavilov's Early Explorations to Genebanks around the World / G. M. Volk, Jr F. G Gmitter., R. R. Krueger //Plants. – 2023. – T. 12. – №. 4. – C. 814. doi.org/10.3390/plants12040814
225. Wu, G. A. et al. Genomics of the origin and evolution of Citrus / G. A. Wu, J. Terol, V. Ibanez, A. López-García, E. Pérez-Román, C. Borredá, ... M. Talon, // Nature. – 2018. – V. 554. – №. 7692. – P. 311-316. doi.org/10.1038/nature25447
226. Zhang, J. Sugar composition analysis of commercial citrus juice products / J. Zhang, M.A. Ritenour //Proceedings of the Florida State Horticultural Society. – 2016. – V. 129. – P. 178-180.
227. Zhang, Z.H. Characterization of the complete chloroplast genome of Yuanjiang wild Ichang papeda (*Citrus cavaleriei*) in China / Z.H. Zhang, C.R. Long, Y. Jiang, S.Z. Yang, J. Zhao, S.H. Wang // Mitochondrial DNA Part B. – 2020. – V. 5. – №. 3. – P. 3349-3350. doi.org/10.1080/23802359.2020.1820397

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

БД – база данных

НАДФ – никотинамидадениндинуклеотидфосфат

ЕЭК ООН - Европейская экономическая комиссия Организации
Объединенных Наций

ФИЦ СЦ РАН - Федеральный исследовательский центр
«Субтропический научный центр Российской академии наук»

НСР – наименьшая существенная разница

ТАЕ – Трис-ацетатный буфер

ПЦР – Полимеразная цепная реакция

DEPC – Диэтилпиروкарбонат

ПРИЛОЖЕНИЯ

Результаты дисперсионного анализа редких таксонов цитрусовых

Изменчивость	Дисперсия SS	Степени свободы df	Средний квадрат mS	F		p	Доля от общей дисперсии, %
				F _φ	F _T		
Σ хлорофиллов							
Таксон	2,7536	12	0,2277	1,037	1,88	0,424207	7,754987
Год	5,7144	2	2,8182	12,842*	3,11	0,000015	16,00041
«Таксон x Год»	9,8036	24	0,4059	1,850	1,70	0,022532	27,65368
Остаточная	17,1625	78	0,2194				48,59
Σ каротиноидов							
Таксон	0,12283	12	0,01024	1,063	1,88	0,402371	10,07867
Год	0,04604	2	0,02302	2,391	3,11	0,098239	3,777539
«Таксон x Год»	0,29885	24	0,01245	1,293	1,70	0,197597	24,52174
Остаточная	0,75100	78	0,00963				61,62205
Chla/Chlb							
Таксон	2,2980	12	0,1915	0,927	1,88	0,524450	8,48233
Год	6,7292	2	3,3646	16,293*	3,11	0,000001	24,83897
«Таксон x Год»	1,9564	24	0,0815	0,395	1,70	0,993859	7,221573
Остаточная	16,1078	78	0,2065				59,45713
Σ Chla+b/Σ каротиноидов							
Таксон	5,248	12	0,437	0,745	1,88	0,703557	6,040063
Год	25,259	2	12,630	21,510*	3,11	0,000000	29,06862
«Таксон x Год»	10,589	24	0,441	0,751	1,70	0,782358	12,18607
Остаточная	45,798	78	0,587				52,70524

Среднее содержание доминантных органических кислот в плодах редких плодовых культур из рода *Citrus*

Виды и сорта	г/100г			%		
	Лимонная	Яблочная	Сумма	Лимонная	Яблочная	Сумма
<i>C. aurantifolia</i>	4,97	0,51	5,48	86,76	8,92	95,68
<i>C. aurantifolia</i> 'Foro'	5,60	0,63	6,23	87,87	9,88	97,75
<i>C. × latifolia</i>	6,13	0,54	6,67	88,72	7,82	96,54
<i>C. × bergamia</i>	2,86	0,28	3,14	88,20	8,65	96,84
<i>C. ichangensis</i>	4,96	0,03	4,99	95,80	0,66	96,46
<i>C. × limetta</i> 'Chontipico'	0,03	0,07	0,10	11,31	30,01	41,31
<i>C. limon</i> 'Del Brasil'	2,15	0,31	2,46	84,20	12,17	96,37
<i>C. × limonelloides</i>	6,16	0,88	7,04	84,81	12,15	96,96
<i>C. maxima</i> 'Sambokan'	2,56	0,06	2,62	92,70	2,31	95,01
<i>C. medica</i>	5,79	0,33	6,12	91,77	5,20	96,96
<i>C. × meyeri</i>	3,80	0,18	3,98	91,07	4,40	95,48
<i>C. × myrtifolia</i>	0,45	0,36	0,81	45,30	36,50	81,80

Среднее содержание прочих органических кислот в плодах редких плодовых культур из рода *Citrus*

Виды и сорта	мг/100г					%				
	Щавелевая	Винная	Янтарная	Молочная	Уксусная	Щавелевая	Винная	Янтарная	Молочная	Уксусная
<i>C. aurantifolia</i>	13.55	97.62	83.51	24.50	28.30	0.2	1.7	1.5	0.4	0.5
<i>C. aurantifolia</i> 'Foro'	10.83	46.14	33.78	26.10	26.54	0.2	0.7	0.5	0.4	0.4
<i>C. × latifolia</i>	9.58	63.47	45.20	78.47	42.55	0.1	0.9	0.7	1.1	0.6
<i>C. × bergamia</i>	6.56	26.09	49.22	9.00	11.52	0.2	0.8	1.5	0.3	0.4
<i>C. ichangensis</i>	10.92	71.97	38.23	15.91	46.14	0.2	1.4	0.7	0.3	0.9
<i>C. × limetta</i> 'Chontipico'	12.64	54.40	35.56	32.07	8.27	5.2	22.3	14.6	13.2	3.4
<i>C. limon</i> 'Del Brasil'	8.67	32.68	25.27	18.78	7.42	0.3	1.3	1.0	0.7	0.3
<i>C. × limonelloides</i>	10.19	78.15	86.48	23.99	22.23	0.1	1.1	1.2	0.3	0.3
<i>C. maxima</i> 'Sambokan'	11.33	65.38	27.91	15.85	17.15	0.4	2.4	1.0	0.6	0.6
<i>C. medica</i>	8.40	54.17	57.58	42.37	29.03	0.1	0.9	0.9	0.7	0.5
<i>C. × meyeri</i>	12.76	73.26	73.69	15.52	13.49	0.3	1.8	1.8	0.4	0.3
<i>C. × myrtifolia</i>	16.22	82.75	47.61	26.23	7.71	1.6	8.3	4.8	2.6	0.8

Среднее содержание сахаров в плодах редких плодовых культур из рода *Citrus*

Виды и сорта	Содержание сахаров, мг\г			
	Фруктоза	Глюкоза	Сахароза	Сумма
<i>C. aurantifolia</i>	7,19	6,37	20,88	34,44
<i>C. aurantifolia</i> 'Foro'	7,94	7,8	4,85	20,6
<i>C. × latifolia</i>	6,46	6,62	7,67	20,74
<i>C. × bergamia</i>	12,56	12,05	14,14	38,74
<i>C. ichangensis</i>	17,26	17,16	39,52	73,94
<i>C. × limetta</i> 'Chontipico'	40,81	43,31	2,01	86,13
<i>C. limon</i> 'Del Brasil'	8,46	8,16	11,39	28,01
<i>C. × limonelloides</i>	7,14	6,83	11,27	25,24
<i>C. maxima</i> 'Sambokan'	18,95	18,77	58,94	96,66
<i>C. medica</i>	10,97	11,17	14,45	36,59
<i>C. × meyeri</i>	11,88	11,31	18,85	42,04
<i>C. × myrtifolia</i>	20,1	18,82	15,42	54,34

АҤӘЫНТҚАРРАТӘ ТҤААРАДЫРРАТӘ ВІЕКААРА
«АҤСНЫ АТҤААРАДЫРРАҚӘА РАКАДЕМИА
АҚЫҤАНХАМҚАТӘ ИНСТИТУТ»



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
АКАДЕМИИ НАУК АБХАЗИИ»

STATE SCIENTIFIC INSTITUTION ACADEMY «OF SCIENCES OF ABKHAZIA INSTITUTE OF AGRICULTURE»

384900 г. Сухум, ул. Гулиа, 22
тел.: (+7840)26-44-60.

384900 Sukhum, Gulia st. 22
tel. (+7840)26-44-60

исх. № 86

«18» октября 2021 г.

СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ

Настоящим подтверждаем, что Государственному научному учреждению «Институт сельского хозяйства Академии наук Абхазии» в 2021-2022 гг. А.С. Кулешовым были переданы следующие таксоны цитрусовых культур: *C. aurantifolia* 'Tahiti', 'Foro', *C. limon* 'Del Brasil', *C. × meyeri*, *C. maxima* 'Sambokan', *C. ichangensis*, *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* 'Chontipico', *C. medica*, *C. medica* var. *sacrodactylus* и *C. × myrtifolia* с целью пополнения коллекции цитрусовых Института и дальнейших совместных исследований в области интродукции и сортоизучения.

Полученные растения высажены в состав коллекции в открытом грунте на территории опытного участка хозяйства ИСХ АНА (Гулрыпшский р-н Республики Абхазия) с целью проведения исследований по оценке фенологии развития, особенностей роста и развития. Растения вступили в пору плодоношения, обладают высокой адаптивностью к условиям выращивания. Наблюдения за ними продолжаются.

Генеральный директор,
академик АН Абхазии, д.с.-х.н.



Л.Я. Айба



СПРАВКА О ВНЕДРЕНИИ

Компанией «Lebro» в 2021-2022 гг. были получены плодовые и декоративные таксоны цитрусовых культур от Кулешова А.С. для закладки цитрусовых насаждений в открытом грунте (*C. × meyeri*, *C. maxima* 'Sambokan', *C. × limonelloides*, *C. ichangensis*) и для оформления интерьеров (*C. aurantifolia*, *C. limon* 'Del Brasil', *C. × bergamia*, *C. × limetta*, *C. × myrtifolia* и *C. medica* var. *Sacroductylus*). Все полученные образцы прижились, хорошо развиты, вступили в пору плодоношения. Характеризуются высокой декоративностью.

В отличие от импортного посадочного материала цитрусовых культур, растения, полученные от Кулешова А.С., характеризуются высокой адаптивностью к условиям выращивания, в том числе устойчивостью к болезням и вредителям.

Индивидуальный предприниматель Семенихин В.А.

Семенухин В.А.





ООО «Сельскохозяйственная фирма»
САДОВЫЙ ЦЕНТР

350901, г. Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39
 тел. (861) 252-66-21, тел./факс (861) 252-65-59
 garden_center2@mail.ru http: www.gardencentr.ru

№ 22 от 17.10.2023 г.

АКТ

внедрения результатов научно-исследовательской работы Кулешова А.С. на тему: «Комплексная оценка редких таксонов цитрусовых в условиях влажных субтропиков России».

Настоящим актом подтверждается, что в 2022-2023 гг. ООО «Сельскохозяйственная фирма «Садовый центр» (г. Краснодар) получила саженцы редких таксонов цитрусовых культур: *C. aurantifolia* 'Tahiti', 'Foro', *C. limon* 'Del Brasil', *C. × meyeri*, *C. maxima* 'Sambokan', *C. ichangensis*, *C. × bergamia*, *C. × limonelloides*, *C. × limetta* 'Chontipico', *C. medica*, *C. medica* var. *sacrodactylus* и *C. × myrtifolia* в количестве 300 шт. Сортимент сформирован по результатам проведенной научно-исследовательской работы Кулешова А.С. в рамках выполнения диссертационной работы по теме: «Комплексная оценка редких таксонов цитрусовых в условиях влажных субтропиков России». Внедренные виды и сорта цитрусовых культур характеризуются комплексом ценных хозяйственно-биологических признаков и представляют интерес для массового производства в контейнерной культуре в условиях закрытого грунта с контролируемым температурно-влажностным режимом.

Выделенные виды и сорта цитрусовых будут востребованы для организации мелкотоварного производства посадочного материала, плодов, для использования в интерьерном озеленении.

Внедрение вышеуказанных видов редких таксонов цитрусовых позволило расширить ассортимент реализуемого посадочного материала ООО «Сельскохозяйственной фирме «Садовый центр» и повысить коммерческую привлекательность торговых точек предприятия.

Директор,
 кан. с/х наук



Е.Л. Тыщенко