



На правах рукописи

ПЛАТОНОВА НАТАЛИЯ БОРИСОВНА

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ
АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ЧАЯ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕГО В
УСЛОВИЯХ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ РОССИИ**

03.01.05 – физиология и биохимия растений

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Краснодар – 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук» (ФИЦ ШЦ РАН)

Научный руководитель:

Белоус Оксана Геннадьевна, доктор биологических наук, доцент, заведующая лабораторией физиологии и биохимии растений ФИЦ ШЦ РАН, главный научный сотрудник

Официальные оппоненты:

Трунов Юрий Викторович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры садоводства, биотехнологий и селекции сельскохозяйственных культур Мичуринского государственного аграрного университета

Шевчук Оксана Михайловна, доктор биологических наук, заведующая лабораторией ароматических и лекарственных растений, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Никитский ботанический сад — Национальный научный центр РАН»

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»

Защита диссертации состоится « 1 » февраля 2022 г. В 9.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.038.04 при ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13 (главный корпус, 2 этаж, ауд. 209), тел./факс (8-861) 221-58-61.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» и на сайте <http://www.kubsau.ru>, с авторефератом – на официальных сайтах: Высшей аттестационной комиссии – <http://www.vak.ed.gov.ru> и ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» и на сайте <http://www.kubsau.ru>.

Автореферат разослан « 24 » ноября 2021 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор



Л.М. Онищенко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Поскольку растения являются основными продуцентами в биоценозах, то ключевой проблемой современной физиологии растений остается исследование механизмов, позволяющих растению выживать в условиях кратковременного или постоянного действия неблагоприятных факторов окружающей среды. В растении под действием одного или нескольких стресс-факторов, происходит индукция защитного ответа, который позволяет ему адаптироваться к изменившимся внешним условиям. Общим интегральным процессом, характеризующим негативное действие стрессоров различной природы, является усиление генерации активных форм кислорода (Запрометов, 1990; Лапин, Зеленков, 2007; Радюкина, 2015 и др.). В ответ на это, как правило, наблюдается активация элементов антиоксидантной защитной системы. В связи с тем, что растения чая в зоне влажных субтропиков России находятся под постоянным действием стрессоров, особенно летнего периода, изучение формирования ими антиоксидантного защитного механизма является актуальным.

Степень разработанности темы. Учитывая, что в состав антиоксидантной системы чая входят основные компоненты, обуславливающие вкусовые качества готового продукта, важность этих веществ для человека несомненна (Романова, 2008; Тараховский и др. 2013; Apranta, Joseph, 2011; и др.). Биохимический состав, как чайного сырья, так и чая изучен достаточно полно (Чхаидзе, Микеладзе, 1991; Хведелидзе, Гвиниаидзе, 2004; Ahmad, 2014 и др.). Однако основные биохимические показатели значительно варьируют в зависимости от района произрастания чайного растения, погодных условий, сорта, агротехники, зрелости листа, переработки, хранения, и многих других факторов, что требует проведения комплексных исследований (Туов, Прокопенко, 1994; Тахмазян и др., 1994; Рындин, Белоус, 2008; Притула и др., 2009; и др.). Тем более что в условиях влажных субтропиков России, комплексных фундаментальных исследований биохимических характеристик чая и чайного сырья (включая антиоксидантный комплекс) на современном мировом уровне ранее не проводилось.

Таким образом, знание количественных закономерностей образования разнообразных антиоксидантных соединений чая и чайного сырья и выяснение причин возникновения изменений в процессах их накопления имеет существенное теоретическое и практическое значение.

Цель и задачи исследований – изучить закономерности формирования компонентов антиоксидантной системы чая (как сырья, так и готового продукта), произрастающего в условиях влажных субтропиков России.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучить динамику содержания веществ антиоксидантной группы 3-листных флешей в течение вегетации;
2. Установить влияние на накопление веществ антиоксидантной группы генотипических особенностей;

3. Изучить изменение количественных показателей веществ антиоксидантной группы в процессе переработки 3-листной флешы в готовый продукт;

4. Выявить период, характеризующийся наиболее высоким содержанием антиоксидантов в 3-листной флешы, для корректировки сбора чая и получения продукта Премиум-класса;

5. Определить сорта/формы с высоким и стабильным содержанием антиоксидантов для дальнейшего использования их в качестве доноров хозяйственно-ценных признаков.

Научная новизна работы. Полученные в работе данные имеют фундаментальный характер и свидетельствуют об особенностях образования антиоксидантов в ответ на условия вегетации растений и их трансформации в процессе переработки сырья в готовый продукт. Впервые в условиях влажных субтропиков России, проведены комплексные исследования, направленные на оценку антиоксидантных компонентов различных сортов и сортов-популяций чая, произрастающего в отличающихся почвенно-климатических условиях. Дана биохимическая характеристика чая и установлена сортовая специфичность по аккумуляции антиоксидантных компонентов в зависимости от условий выращивания. Выявлено значение антиоксидантных компонентов для повышения качественных характеристик готового продукта.

Теоретическая и практическая значимость работы. Установлены закономерности накопления основных антиоксидантов в растениях чая и формирование механизма защиты от абиотических стрессоров (в частности, температура воздуха и количество осадков). Выявлено влияние гидротермических факторов, генотипических особенностей растений и условий переработки сырья на изменение содержания биологически активных веществ в 3-листных флешах и готовом чае. Рекомендованы периоды сбора для получения сырья с наибольшим содержанием антиоксидантов для получения чая с высокими пищевкусовыми характеристиками. Предложены сорта и формы чая, обладающие стабильным содержанием биологически активных веществ в течение вегетации для исключения этапа выравнивания качественных показателей сырья, собранного в разные периоды сбора. Результаты исследований применяются при чтении дисциплин «Физиология и биохимия растений», а также могут быть использованы в дальнейших научных исследованиях.

Методология и методы исследования. Теоретическую и методологическую основу исследований составили труды отечественных и зарубежных ученых по проблемам устойчивости растений к стрессовым факторам абиотической природы. Использовались монографии по тематике исследований, информационные издания, научные статьи, нормативные документы и другие материалы. Проведение исследований базировалось на системном подходе.

Положения, выносимые на защиту:

1. Содержание веществ антиоксидантной группы в 3-листных флешах зависит от гидротермических условий периода вегетации.

2. Накопление веществ антиоксидантной группы в 3-листной флешки обусловлено генотипическими особенностями растений чая.

3. Количественные показатели веществ антиоксидантной группы изменяются в процессе переработки 3-листной флешки в готовый продукт.

Степень достоверности. Достоверность и обоснованность результатов исследований подтверждаются достаточным объемом экспериментальных данных, собранных с применением апробированных методик и использованием современных методов и прикладных компьютерных программ при их обработке и интерпретации полученных результатов. Эксперименты проводились в достаточных для построения достоверной статистики биологических и аналитических повторностях. Выводы обоснованы экспериментальными данными и отражены в печатных работах.

Апробация результатов диссертации. Результаты исследований были доложены на ежегодных отчетных сессиях ФГБУН ФИЦ СЦ РАН, а также на 12 всероссийских и международных конференциях и симпозиумах различного уровня, в т.ч.: Международной научно-практической интернет-конференции «Актуальные проблемы физиологии и биохимии растений» (Сочи, 2017); XIII Международной конференции «Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования» (Сочи, 2018), X Международном симпозиуме «Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты» (Москва, 2018); VIII Международной научно-практической конференции «Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты)» (Ялта, 2018); 13-ой Международной конференции «Biotechnology and Quality of Raw Materials and Foodstuffs» (Словакия, Нитра, 2018); Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение устойчивого развития плодородия и декоративного садоводства» (Сочи, 2019); Conference «Food Hygiene and Technology» (Brno, 2019); Annual Congress on Plant Science & Biosecurity (London, UK, 2019); XIII Международной мультидисциплинарной научно-практической конференции «Современное состояние науки и техники» (Сочи, 2020); Международной научно-практической интернет-конференции «Актуальные проблемы физиологии, биохимии и биотехнологии растений» (Сочи, 2020); Global Agriculture Conference (Sydney, Australia, 2020); XVII Ежегодной молодежной научной конференции «Наука и технологии Юга России» (Ростов-на Дону, 2021).

Связь работы с научными программами, планами, темами. Диссертационная работа выполнялась в период аспирантской подготовки в 2017-2020 гг., в соответствии с индивидуальным планом работы; основные экспериментальные исследования проводились в рамках научно-исследовательских работ ФИЦ СЦ РАН № 0683-2019-0005-01-03 «Изучить закономерности формирования компонентов антиоксидантной системы чая, произрастающего в условиях влажных субтропиков России» и № 0492-2021-0007 «Выявить фундаментальные механизмы адаптации сельскохозяйственных культур, декоративных растений и искусственно созданных биоценозов к стресс-факторам

различной природы и изучить закономерности их проявления с целью разработки приемов стабилизации производственного процесса и сохранения декоративности».

Публикации. По результатам диссертационных исследований опубликовано 33 научные работы, из них 5 статей, опубликованных в журналах международной базы данных Scopus, 7 статей в научных изданиях, включенных в перечень специальных изданий, утвержденных ВАК Российской Федерации и 20 – в журналах РИНЦ, международных изданиях, сборниках материалов и тезисов конференций различного уровня.

Личный вклад соискателя. Автор работы принимал непосредственное участие в организации, планировании и проведении экспериментов, в обсуждении результатов и подготовке рукописей к публикации. Результаты получены лично автором или при его активном участии.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа содержит введение, 4 главы, заключение, включающее выводы и практические рекомендации, библиографический список из 255 наименований, в том числе 126 – иностранных авторов. Работа изложена на 172 страницах, содержит 40 рисунков, 29 таблиц, приложения.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. СОСТОЯНИЕ И ИЗУЧЕННОСТЬ ВОПРОСА ИССЛЕДОВАНИЙ

Зона влажных субтропиков России уникальна по своим климатическим условиям (в том числе и по подбору стрессовых факторов), а растения, выращиваемые в данном регионе, обладают специфической биологией.

В главе рассмотрено участие антиоксидантной системы в формировании механизма защиты растений на стрессовые факторы. Переставлено биологическое и народно-хозяйственное значение растений чая. Проанализированы научные исследования в области комплекса химических соединений, входящих в растения чая и их трансформации в процессе переработки сырья в готовый продукт.

2 УСЛОВИЯ, МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проведены в 2016-2019 гг. на базе ФИЦ СНЦ РАН в условиях влажного субтропического климата, с наличием гидротермических стрессоров, влияющих на качественные показатели сырья и готового чая. В главе представлено описание почвенно-климатических условий влажных субтропиков и характеристика гидротермических условий периода исследований

Объектами являются сорта и формы чая, выращиваемые в полевых условиях на коллекционно-маточном участке ФИЦ СНЦ РАН, выбор которых обусловлен рекомендациями селекционеров центра. Отбор материала для исследований проводили в период активной вегетации с мая по октябрь. Переработку чайного сырья (3-листных флешей) в готовый чай проводили в лаборатории физиологии и биохимии растений в соответствии с требованиями ГОСТ на данную продукцию (ГОСТ 32573-2013 Чай черный; ГОСТ 32574-2013 Чай зеленый).

Определение антиоксидантов осуществляли: активность гваяколпероксидазы и

содержание аскорбиновой кислоты по Ермакову (Ермаков и др., 1972); содержание фотосинтетических пигментов методом Шлыка (1971); количество флавоноидов и антоцианов методом УФ-ВИС спектрофотометрии; рутин – методом титрования; кофеин и содержание вторичных метаболитов методом газовой масс-спектрофотометрии и обращенно-фазовой высокоэффективной жидкостной хроматографии; анализ аминокислотного состава, моно- и дисахаров, органических кислот – с использованием системы капиллярного электрофореза «Капель 105-М»; суммарное содержание полифенолов – с использованием реактива Фолина-Чокалтеу в качестве экстрагента.

Агрохимическая характеристика почвы опытного участка проведена на базе лаборатории агрохимии и почвоведения по классическим методикам. Все био- и агрохимические анализы выполнены в трехкратной повторности.

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с использованием пакета ANOVA в STATGRAPHICS Centurion XV (версия 15.1.02, StatPoint Technologies) и MS Excel 2007.

3. ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ЧАЯ

3.1. Изменение количественного состава аскорбиновой кислоты в 3-листной флешки чая

В накоплении АК выделяются два пика: первый – в июне, совпадающем с периодом естественного летнего покоя растений после майского всплеска продуктивности (рис. 1). Снижение количества АК в июле связано с длительным отсутствием осадков ($r = -0,87$) и затуханием ростовых процессов, что спровоцировало резкое увеличение аскорбиновой кислоты в ответ на действие стресса (второй пик синтеза АК).

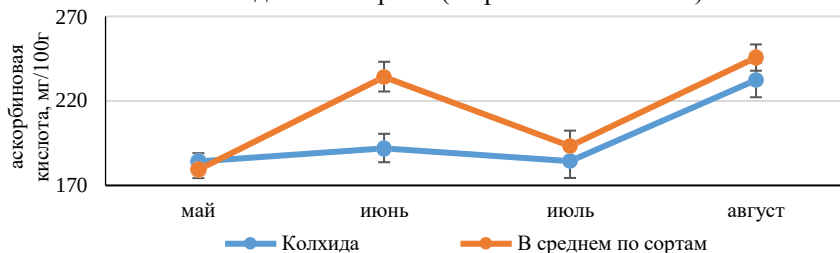


Рисунок 1 – Динамика накопления аскорбиновой кислоты 3-листной флешкой *Camellia sinensis* (на примере контрольного сорта Колхида)

Характер накопления аскорбиновой кислоты изменялся не только в связи с погодными условиями, но и в соответствии с генотипическими особенностями растений. Наибольшим количеством витамина С отличаются формы 2264 и 582. Наименее вариабельно накопление АК во флешках сорта Колхида и формы 582 ($V, \% = 12$). Во флешках ф. 2264 максимальное количество витамина С наблюдалось не в августе (как у остальных образцов), а в июне, однако этот показатель очень варьирует ($V, \% = 20$), уже в июле

содержание АК падает в 1,5 раза (с 305,7 мг/100 г до 196,3 мг/100 г). Варьирование содержания АК – признак пластичности растений и является важным признаком работы антиоксидантной защиты. Как источник БАВ растения с относительно стабильным содержанием витамина С во флешах (форма 855 и сорт Колхида) более ценны.

3.2 Динамика фотосинтетических пигментов в 3-листной флешке чая

Содержание зеленых пигментов достаточно динамичный процесс, который обуславливается как погодными условиями, так и генотипическими особенностями растений (рис. 2).

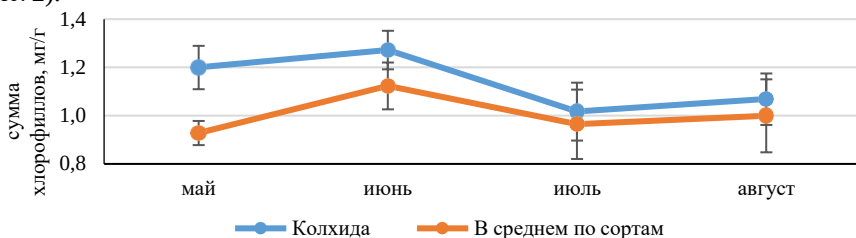


Рисунок 2 – Динамика накопления хлорофиллов 3-листной флешью *Camellia sinensis* (на примере контрольного сорта Колхида)

В мае идет активное нарастание флешей и листьев, по мере их вызревания активизируются метаболические процессы, сопровождаемые синтезом пигментов, поэтому наибольшее количество хлорофиллов отмечается в июне (в среднем 1,123 мг/г). В июле, в период существенного водного дефицита, количество хлорофилла у растений значительно (в 1,2 – 1,3 раза) падает. В августе количество зеленых пигментов несколько возрастает, но менее выражено, чем в период активной вегетации. С августа процессы нарастания новых побегов (флешей) затихают, т.к. начинаются генеративные процессы, что сказывается на синтезе хлорофилла. Незначительное увеличение количества каротиноидов совпадает с периодом засухи и естественным июньским затуханием ростовых процессов (рис. 3).

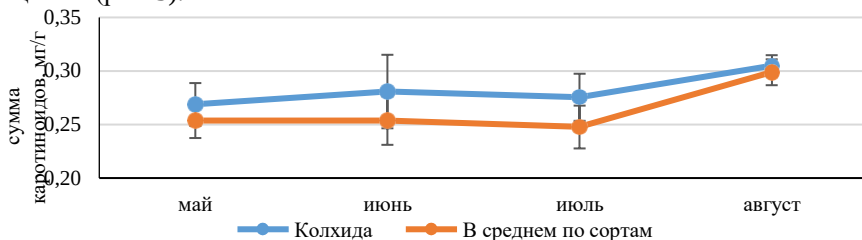


Рисунок 3 – Динамика накопления каротиноидов 3-листной флешью *Camellia sinensis* (на примере контрольного сорта Колхида)

В августе (при значительном водном дефиците) отмечается резкое увеличение синтеза каротиноидов. Корреляционный анализ показал наличие высокой обратной зависимости содержания пигментов от температурного фактора ($r = -0,81$ в отношении хлорофилла и $r = -0,84$ по каротиноидам) и существование некоторого влияния на их накопление количества осадков ($r = -0,54 \dots 0,61$ по каротиноидам) в течение вегетации.

Выявленные закономерности являются общими для всех растений чая; формы чая являются устойчивыми к гидротермическим стрессорам, в их флешах соотношение суммы хлорофиллов к каротиноидам ниже (2,81-3,09 мг/г), чем в контрольном сорте Колхиде (3,92 мг/г)

3.3 Фенольный комплекс и его участие в формировании защитного ответа растений на гидротермический стресс

3.3.1 Динамика флавоноидов в 3-листной флеша чая

В начале вегетации (с мая по июнь) отмечается активный рост содержания теафлавинов до 0,106 мг/г; теарубигинов до 1,516 мг/г, который к июлю сменяется таким же активным понижением (рис. 4). К августу количество флавоноидов достигает июньского уровня (0,111 и 1,434 мг/г, соответственно). Такие изменения полностью соответствуют изменению погодных условий, а именно, влиянию гидротермических факторов на синтез данных соединений.

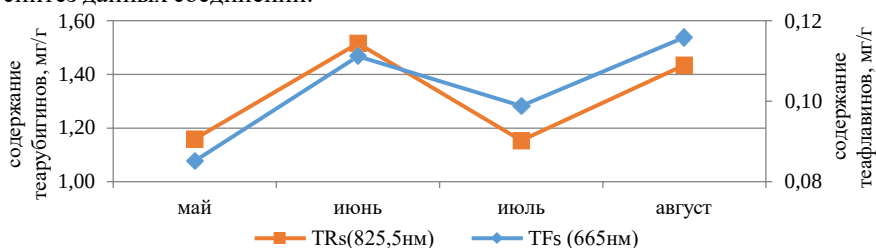


Рисунок 4 – Динамика накопления флавоноидов 3-листной флешью *Camellia sinensis* (на примере контрольного сорта Колхида)

Наибольшим количеством теафлавинов характеризуются формы 582 и 2264, у которых и теарубигина больше, чем в остальных сортах/формах. Меньше теафлавинов у сорта Сочи (в среднем 0,082 мг/г) и существенно меньше теарубигинов у указанного сорта и формы 3823 (НСР, за весь период исследований = 0,10). Соединения достаточно лабильны, коэффициент вариации показателей лежит в пределах от 21-31 % (теафлавины) до 32-41 % (теарубигины). Более вариабелен по накоплению теафлавинов сорт Колхида ($V = 31\%$), наименее лабилен форма 3823 ($V = 21\%$). По теарубигинам более стабильны формы 582, 855 и 3823 ($V = 32-34\%$). Лабильность показателей у сорта Колхиды, а также сорта Сочи и формы 2264 – положительный признак, так как резкое повышение обеих групп флавоноидов у данных растений приходится на периоды действия гидротермических стрессоров.

3.3.2 Содержание полимерных форм фенольных соединений в 3-листной флешки чая

Наибольшее количество антоцианов накапливается в июле (в среднем 308,5 г/100 г), наименьшее в мае (150,2 г/100 г), так как в июле наблюдается длительный засушливый период, сопровождаемый высокими температурами воздуха (рис. 5). Закономерности накопления антоцианов в 3-листной флешки носит общий характер, что подтверждается сходными диаграммами накопления по контрольному сорту Колхида и по усредненным данным всех сортов (рис. 5). Статистический анализ показал значимую обратную зависимость содержания антоцианов от температурного фактора ($r = -0,96$).

Содержание в 3-листных флешках чая антоцианов зависит от генотипа форм, наибольшим их количеством отличаются формы 2823 (242,1 г/100 г) и 582 (241,7 г/100 г), что существенно выше, чем у контрольного сорта Колхида (218,4 г/100 г). Вариабельность форм в отношении накопления антоцианов, показала, что сорт 582, несмотря на повышенное содержание антоцианов не является надежным источником биологически активных веществ ($V = 55\%$), в то время как форма 588 и сорт Сочи (наравне с контрольным сортом Колхида) могут быть использованы в селекции на повышенное содержание БАВ и представлять интерес с точки зрения пищевой ценности готового чая.

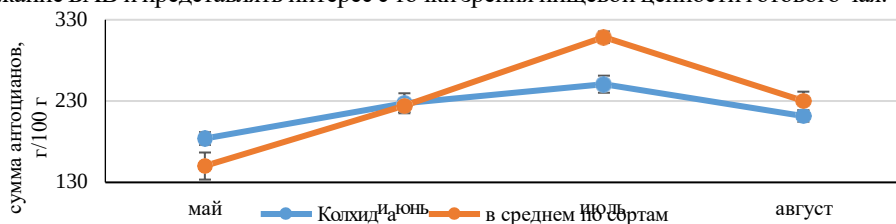


Рисунок 5 — Динамика накопления антоцианов 3-листной флешки *Camellia sinensis* (на примере контрольного сорта Колхида)

Содержание пирогаллола в 3-листной флешки колеблется от 2,5% до 27,6 % (рис. 6).

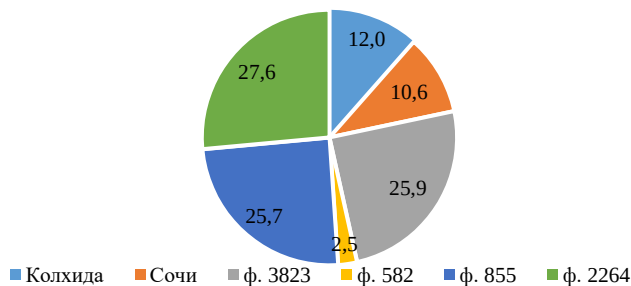


Рисунок 6 — Генотипические отличия в содержании пирогаллола в 3-листной флешки *Camellia sinensis*, в %
Данный метаболит наряду с другими фенольными соединения обуславливает

терпкость чая, существенно более высокое содержание пирогаллола в формах 2264, 3823 и 855 представляет несомненную ценность ($HCP (p \leq 0.05) = 0,08$).

3.3.3 Содержание кофеина в 3-листной флешли чая

На количество кофеина в чае влияют условия выращивания, применяемая агротехника и условия переработки, что полностью подтверждается нашими исследованиями (рис. 7). Отмечается, что в мае содержание кофеина достаточно высокое (в среднем от 12,07 до 20,61 мг/г), что объясняется увеличением интенсивности солнечного света и продолжительности его действия. Наиболее активный синтез кофеина наблюдается в июле (в среднем 26,56 мг/г), превышение его количеств по сравнению с остальным вегетационным периодом составляет 1,6 – 2,3 раза, что является существенным ($HCP = 1,3$).

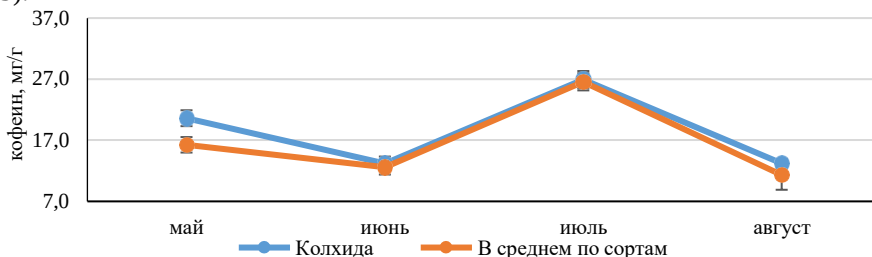


Рисунок 7 – Динамика содержания кофеина в 3-листной флешли *Camellia sinensis* (на примере контрольного сорта Колхида)

К периоду активизации генеративных процессов (август), количество кофеина резко сокращается, так как он является элементом неспецифической защиты. Корреляционный анализ показал влияние на накопление кофеина термического фактора ($r = 0,95$).

Отмечается сортовая вариация, связанная с генотипическими особенностями, существенно более богат кофеином сорт Колхида, меньше всего алкалоида содержится в 3-листной флешли формы 2264. У этой же формы отмечена большая вариабельность кофеина ($V = 52 \%$), более стабильно содержание данного соединения у сорта Сочи ($V = 29 \%$).

3.3.4 Содержание общих полифенолов в 3-листной флешли чая

Динамика общих полифенолов не отличается от установленных закономерностей по синтезу биологически активных веществ катехиновой природы (рис. 8). Большее количество полифенолов накапливается в июле – 18,47 мг/г (в мае-июне – 10,77-15,36 мг/г). Этот процесс закономерен, так как подтверждается данными по накоплению полифенолов всеми сортами/формами чая. На содержание полифенолов в чайном листе влияют не только гидротермические условия периода вегетации, но и генотипические особенности растений.

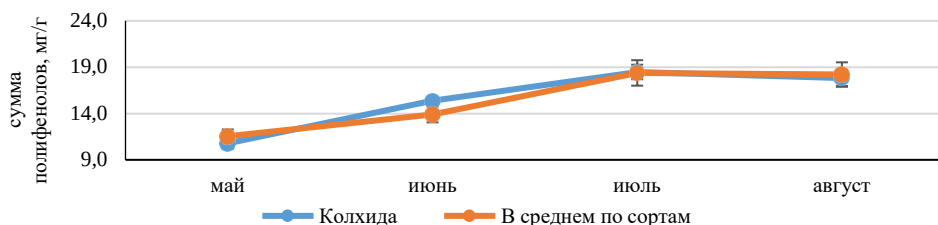


Рисунок 8 – Динамика накопления общих полифенолов 3-листной флешью *Camellia sinensis* (на примере контрольного сорта Колхида)

3.4 Аминокислотный комплекс растений чая и его роль в защите растений чая от стресса

Наибольшее количество суммы аминокислот синтезируется в мае, в дальнейшем их синтез снижается, т.к. включаются процессы их превращений и взаимопревращений в другие соединения (рис. 9).

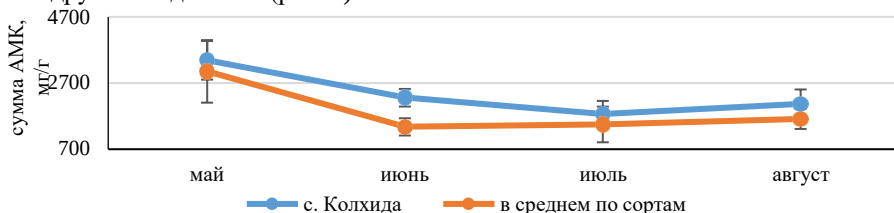


Рисунок 9 – Динамика накопления аминокислот 3-листной флешью *Camellia sinensis* (на примере контрольного сорта Колхида)

Статистический анализ показал высокую степень корреляции накопления аминокислот от количества осадков ($r = 0,99$). Учитывая, что в июле наблюдается период засухи, снижение количества аминокислот может быть активировано включением метаболических процессов трансформации АМК в другие соединения неспецифической защиты растений от стресса.

Элементом неспецифической защиты от стресса является пролин, поскольку его аккумуляция происходит в растительных клетках при действии практически любых стрессовых факторов. В начале вегетации содержание пролина достаточно высокое (в среднем 1644 мг/г сырого веса), что связано с пониженными температурами периода зимнего покоя. В дальнейшем происходит снижение его содержания (в 2,6 раза по сравнению с майским периодом), так как активно идут метаболические процессы трансформации связанного пролина в его растворимую форму и участие в осморегуляции, что соответствует нормальному физиологическому состоянию растений. В ответ на длительное воздействие гидротермического стресса наблюдается активное накопление пролина и к августу его количество опять увеличивается (в среднем по сортам до 923 мг/г). В

содержании аминокислот прослеживаются сортовые различия, отмечена сильная вариабельность в содержании аминокислот, достаточно стабилен только пролин ($V = 14 - 26$ % за вегетацию).

3.5 Изменение активности гваяколпероксидазы в 3-листной флешли чая

В период активной вегетации отмечено наличие спадов и пиков в активности фермента, связанных с гидротермическими условиями каждого месяца (рис. 10 и 11).

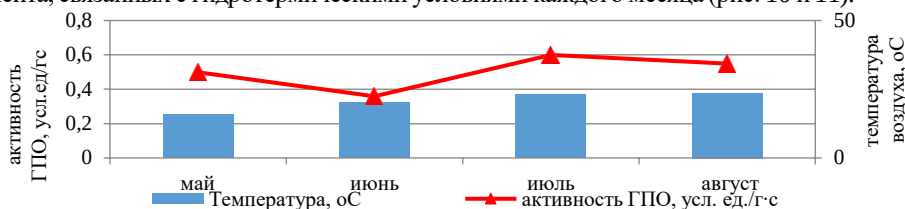


Рисунок 10 – Динамика активности гваяколпероксидазы в 3-листной флешли *Camellia sinensis* в зависимости от температурных условий вегетации (на примере контрольного сорта Колхида)

В июле стрессовый по гидротермическим условиям период отражается на функциональном состоянии растений, отмечается водный дефицит, что приводит к проявлению окислительного стресса – повышается активность ГПО, как неспецифической реакции на стрессовый фактор. Корреляционный анализ показал наличие средней прямой зависимости между активностью гваяколпероксидазы и термическим фактором ($r = 0,42 - 0,54$); наиболее значимая корреляция выявлена между активностью ГПО и количеством осадков ($r = -0,86 \dots -0,68$), причем зависимость обратная.

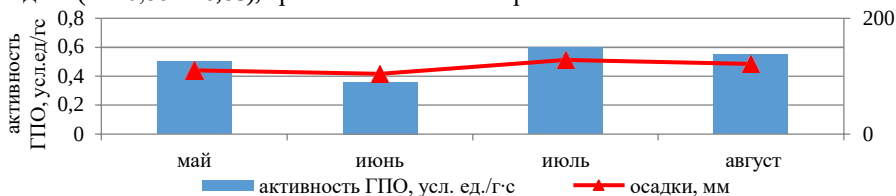


Рисунок 11 – Динамика активности гваяколпероксидазы в 3-листной флешли *Camellia sinensis* в зависимости от количества осадков в период вегетации (на примере контрольного сорта Колхида)

Динамика активности фермента в 3-листной флешли сортоспецифична. Наибольшей активностью гваяколпероксидазы в течение всего периода исследований отличается сорт Сочи, формы 3823 и 855. Вариационный анализ показал стабильную ферментативную активность у формы 3823 ($V = 10\%$), учитывая достоверно высокий уровень активности ГПО в листьях данного образца, можно говорить о высоком метаболизме формы.

3.6 Продуктивность растений чая в аспекте накопления основных антиоксидантов

Наибольшее количество чайного листа, собираемое с опытных участков, пришлось

на июнь-июль (в среднем от 1187 до 1190 кг/га). Корреляционный анализ (табл. 1), показал, что наблюдается тесная прямая зависимость урожайности растений чая от количества осадков ($r = 0,84$) и некоторая связь с температурным фактором ($r = 0,64$).

Таблица 1 – Корреляционная матрица взаимозависимости содержания БАВ и урожайности растений (анализ данных за три года исследований)

Биохимические показатели	Урожайность, ц/га
Σ хлор., мг/г	0,68
Скар., мг/г	0,59
TFs, мг/г	0,51
TRs, мг/г	0,52
Антоцианы, мг/100 г	0,64
Саf, мг/г	0,65
Общие полифенолы, мг/г	0,60
АМК, мг/г	0,69
ГПО, усл. ед./г·с	-0,70
АК, мг/100 г	0,81
Σ БАВ	0,75

В июле – августе отмечено повышенное содержание в 3-листных флешах БАВ, в связи с чем, более низкая урожайность растений компенсируется образованием высококачественного сырья. Выявлена отрицательная корреляция между урожайностью и активностью гваяколлапероксидазы, что объясняется разнонаправленностью активных процессов, связанных с формированием адаптивности и продуктивностью растений. Отмечена прямая зависимость между накоплением основных биологически активных веществ в сырье и урожайностью растений чая (табл. 1), в данном случае их количество во флешах напрямую зависит от количества флешей, т.е. урожайности. Наиболее урожайной является форма 582 (1082 кг/га) во флешах которой и содержание БАВ достаточно высокое (рис. 12), наименее урожайные – форма 855 и сорт Сочи (624-662 кг/га), что согласуется с данными, полученными ранее при сортоизучении растений (Туов, Прокопенко, 1994). Сорт Сочи характеризуется высоким содержанием основных антиоксидантов, что придает ему пищевую значимость.

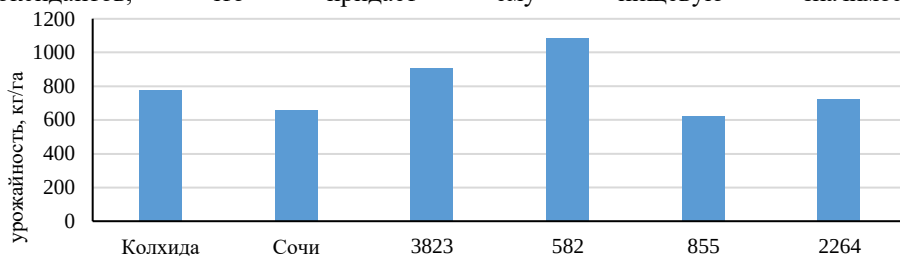


Рисунок 12 – Урожайность 3-листной флешки *Camellia sinensis* в среднем за 3 года, кг/га

3.7 Общий анализ содержания антиоксидантных компонентов в 3-листной

флеша чая

Содержание компонентов антиоксидантной системы, являющихся механизмами неспецифической защиты растений генетически детерминировано, находится под контролем развития организма и реализуется в зависимости от комплекса внутренних и внешних условий (рис. 13). К первому типу механизмов защиты от стрессоров можно отнести активизацию гваяколпероксидазы, которая детерминирует повышенный синтез флавоноидов и аскорбиновой кислоты в листьях (июнь). На следующем этапе (июль-август) идет усиленное накопление общих полифенолов, антоцианов и кофеина, которые коррелируют с содержанием флавоноидов и АК; усиливается синтез пигментов флавоноидной природы и каротиноидов, увеличивается накопление пролина.

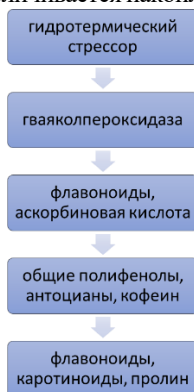


Рисунок 13 – Схема механизма неспецифической защиты *Camellia sinensis* от гидротермического стресса

К августу в листьях активизируются процессы защиты растений от стресса, это приводит к повышенному содержанию всех веществ антиоксидантного комплекса, что имеет значение не только в качестве неспецифической защиты от абиотических стрессоров, но и представляет пищевую ценность сырья.

Высокое содержание вторичных метаболитов у сорта Сочи и изученных форм указывает, во-первых, на быстрое формирование неспецифической устойчивости, следовательно, на возможность компетентного ответа растением на абиотический стресс; во-вторых, на возможность использования этих растений в качестве источников БАВ и источников хозяйственно-ценных признаков. К наименее варибельным можно отнести сорт Сочи и форму 3823, у которых колебания основных антиоксидантов составляет 14-20% в течение всего периода исследований.

4. ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ЧАЯ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕРАБОТКИ СЫРЬЯ В ГОТОВЫЙ ПРОДУКТ

4.1. Изменение количественного состава витаминов (С и Р) в процессе переработки сырья в готовый продукт

Вследствие термической обработки происходит разрушение витамина С в 17 - 20 раз при производстве черного чая и почти в 9 раз – при приготовлении зеленого (рис. 14).

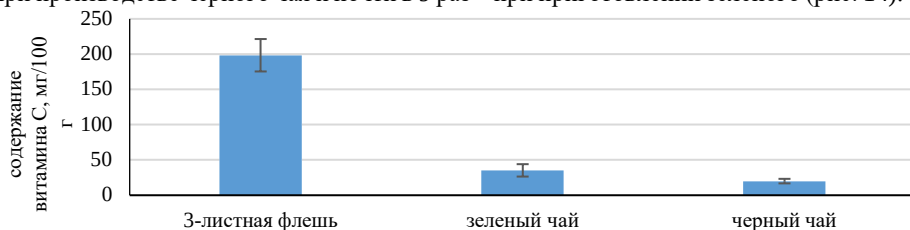


Рисунок 14 – Изменение содержания витамина С в процессе переработки сырья в готовый чай (на примере контрольного сорта Колхида)

Процесс сохранения аскорбиновой кислоты в чае детерминирован генотипическими особенностями самого сырья. В зависимости от сезона сбора, в зеленом чае содержание рутина колеблется от 33 мг/100г до 46 мг/100г, а в черном – в пределах 10 мг/100г – 23 мг/100г, что в 2 раза ниже, чем в зеленом неферментированном чае.

4.2. Фотосинтетические пигменты в готовом чае

При переработке сырья в готовый чай значительная часть хлорофилла (около 25 % от исходного количества в сырье) разрушается при обработке паром, а также в процессе сушки. Поэтому хлорофилла в зеленом чае меньше (в 1,3 раза), чем в сырье (рис. 15). При изготовлении чёрного чая хлорофилла остается ещё меньше (0,28 мг/г), чем в зелёном (0,85 мг/г), что является положительным фактором, так присутствие данного пигмента отрицательно сказывается на качестве напитка.

Технологические особенности процесса переработки чая в зеленый или черный (наличие фиксации или процесса ферментации) не влияет на количество каротиноидов в чае, поэтому его содержание в обоих видах чая практически одинаково – 0,275-0,289 мг/г, соответственно.

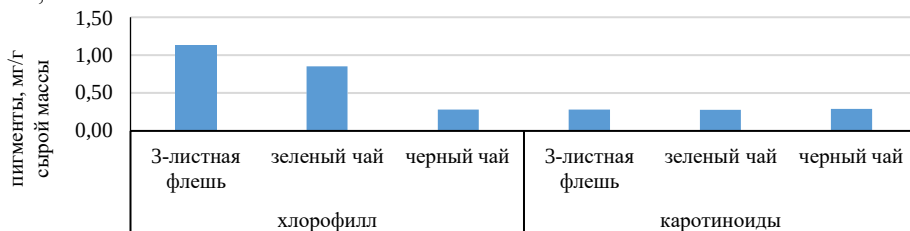


Рисунок 15 – Изменение содержания фотосинтетических пигментов в процессе переработки сырья в готовый чай (на примере контрольного сорта Колхида)

4.3 Фенольный комплекс и его участие в формировании пищевой ценности чая

4.3.1 Изменение в количестве и соотношении флавоноидов в чае

Между качеством сырья и содержанием флавоноидов в напитке существует прямая зависимость: в зелёном чае теафлавинов больше, чем в чёрном чае. Подтверждены общие закономерности: содержание теафлавинов в зеленом чае выше (около 0,09 мг/г при 0,04 мг/г в черном чае), в черном существенно ($\text{НСР} (p \leq 0,05) = 0,19$) увеличивается количество теарубигинов (рис. 16).

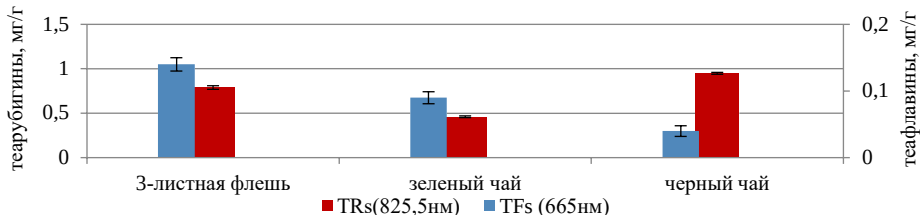


Рисунок 16 – Изменение флаваноидов в процессе переработки сырья в готовый чай (на примере контрольного сорта Колхида)

Черный чай, полученный из формы 582, показал наиболее высокие значения содержания теафлавинов (0,09 мг/г) и теарубигинов (1,18 мг/г). В зеленом чае по содержанию теафлавинов все формы располагаются в один ряд, в то время как теарубигинов существенно больше синтезируется сортами Сочи и Колхида. Чай, изготовленный из опытных растений, соответствует международным требованиям: соотношение теафлавинов к теарубигинам оставляет по зеленому 1:12, по черному чаю 1:14, т.е. наш чай относится к чаям высшего качества.

4.3.2 Изменение в количестве и соотношении полимерных форм фенольных соединений в чае

При переработке сырья в готовый продукт происходит изменение в содержании антоцианов (рис. 17). При приготовлении зеленого чая сырье фиксируется паром, в результате инактивируются ферменты, количество антоцианов сохраняется.

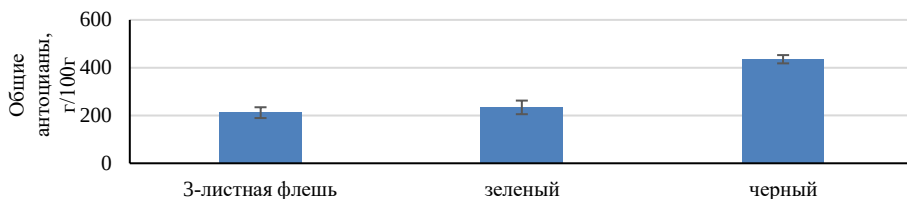


Рисунок 17 – Изменение содержания антоцианов в процессе переработки сырья в готовый чай (на примере контрольного сорта Колхида)

При приготовлении черного чая идет процесс ферментации (окисление скрученного сырья), который сопровождается химическими реакциями в самом листе, происходит активный синтез антоцианов, их количество значительно выше, чем в сырье и зеленом чае.

4.3.3 Изменение в количестве и соотношении катехинового комплекса готового чая

Более низкое содержание кофеина в зеленом чае обусловлено воздействием высоких температур во время фиксации сырья. Существенное снижение количества кофеина в черном чае связано с процессами окислительного дезаминирования во время ферментации сырья, что приводит к деструкции кофеина (рис. 18). Как правило, элитные сорта крепкого черного чая содержат около 5% кофеина. В нашем краснодарском черном чае, в процентном содержании от 1,20 до 1,40 % данного алкалоида, в зеленом – в среднем от 0,61 до 0,83 % в зависимости от срока сбора. Существует мнение, что кофеин не определяет крепость чая: в цейлонском чае кофеина содержится значительно меньше (около 4 %), чем в китайских чаях (до 15 %), органолептически считающихся менее крепкими. Таким образом, чай, производимый из коллекционных сортов и форм ФИЦ СНИЦ РАН можно отнести к элитным некрепким сортам чая. Изменение в содержании общих полифенолов аналогично процессам, происходящим при деструкции кофеина в процессе переработки, в связи с тем, что кофеин является составляющим танино-катехинового комплекса (рис. 19).

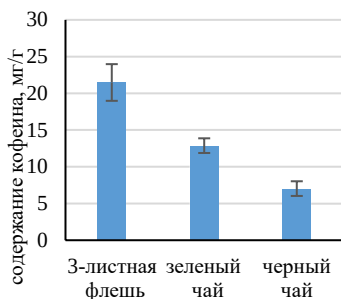


Рисунок 18 – Изменение содержания кофеина в процессе переработки сырья в готовый чай (на примере контрольного сорта Колхида)

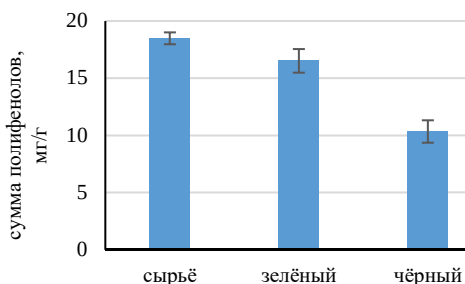


Рисунок 19 – Изменение содержания общих полифенолов в процессе переработки сырья в готовый чай (на примере контрольного сорта Колхида)

В зеленом чае идентифицируется 8 компонентов катехинового комплекса, наибольшее количество приходится на эпигаллокатехин галлат (EGCG). Анализ выявил более низкую концентрацию компонентов катехинового комплекса в чае, собранном в августе, относительно тех же сортов, собранных в июле. Это подтверждает наши выводы о

наличии корреляции между содержанием биологически активных веществ и временем сбора чая.

4.4 Изменения в составе аминокислотного комплекса в процессе переработки сырья в готовый продукт

При переработке сырья в готовый чай, количество аминокислот падает, что связано с окислительным дезаминированием и преобразованием их в белковые соединения, которые участвуют в образовании армата чая (рис. 20).

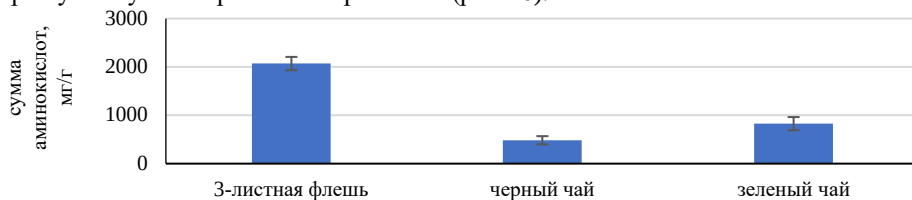


Рисунок 20 – Изменение содержания аминокислот в процессе переработки сырья в готовый чай (на примере контрольного сорта Колхида)

В черном чае аминокислот меньше, чем в зеленом, так как именно в процессе ферментации черного чая идут активные процессы окислительного дезаминирования; прослеживаются сортовые различия в метаболических реакциях накопления и трансформации аминокислот. Аминокислотный состав черного чая формы 3823, а также сортов Сочи и Колхида мало подвержен изменениям ($V = 14-18\%$), что указывает на стабильный аминокислотный состав данных образцов. Аминокислотный состав зеленого чая у сортов Колхида и Сочи изменяется в большей степени ($V = 53-41\%$), что связано с варьированием содержания АМК ($V = 81-63\%$) в их сырье (3-листной флеш).

4.5 Содержание второстепенных вторичных метаболитов в чае

В готовом краснодарском чае наибольшее количество составляет фруктоза (200,2 мг/л), что значительно (в 2-9 раз) превышает остальные формы сахаридов. Так как существует прямая высокая корреляция между содержанием сахаридов и танинов, высокие количества моно- и дисахаров является положительным фактором, характеризующим биохимический комплекс чая. Преобладающей в составе органических кислот чая является щавелевая (34% от общей суммы кислот), в значительных количествах содержатся винная (28%) и яблочная (24%). В зеленом чае присутствуют ненасыщенные кислоты линолевая и линоленовая кислоты, а также – метиллинолиат, который является сложным эфиром линоленовой кислоты (рис. 21).

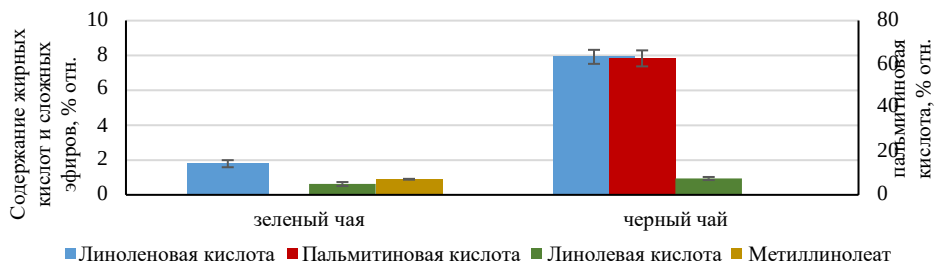


Рисунок 21 – Содержание жирных кислот и сложных эфиров в готовом чае (на примере контрольного сорта Колхида)

В черном чае обнаружены две ненасыщенные жирные кислоты: линоленовая, линолевая и незаменимая насыщенная пальмитиновая кислота, содержание которой в 6-7 раз превышает количество ННЖК. Таким образом, чай может рассматриваться также и как источник ННЖК и ПНЖК.

4.6. Влияние на химический состав чая места расположения плантации

Промышленные марки Краснодарского чая по содержанию экстрактивных веществ относятся к чаям высшего качества. Настой Краснодарского черного чая вследствие меньшего количества полифенолов менее насыщенный, чем в промышленных чаях, выращиваемых на плантациях Индии, Цейлона, Китая и Кении (рис. 22). Экстракт краснодарского чая характеризовался более ярким ароматом и более мягким вкусом. Титестерский анализ показал, что в отличие от мировых аналогов, краснодарский чай обладает приятным послевкусием, которое может длиться в течение десяти – пятнадцати минут, в то время как остальные чаи быстро теряют это свойство.

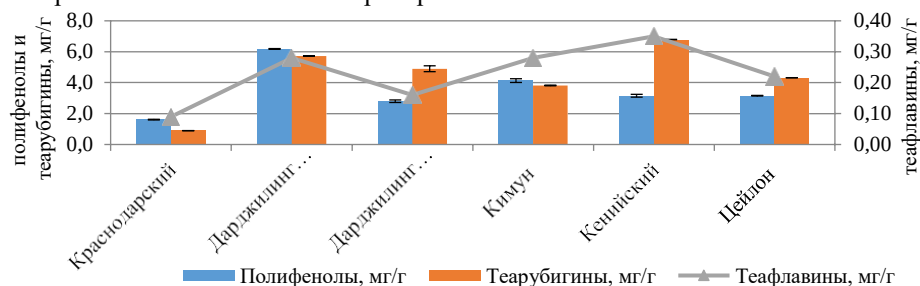


Рисунок 22 – Содержание фенолов в промышленных образцах готового черного чая

Чайные растения, выращенные на плантациях Краснодарского края произрастают на высотах до 600 м над уровнем моря, содержание полифенолов в них ниже, что сказывается на вкусовых (но не ароматических) характеристиках. Чай соответствует установленным стандартам по содержанию танина и экстрактивных веществ, относится к

чаем высшего качества. В содержании теафлавинов и теарубигинов не уступает мировым брендам. Обладает неповторимым, специфичным вкусом и ароматом, что обусловлено возделыванием культуры на самых северных в мире плантациях.

4.7 Общий анализ содержания антиоксидантных компонентов в готовом чае

Более насыщен антиоксидантами готовый чай, собираемый в июле – августе; наиболее ценными с позиции пищевой значимости являются чаи, расположенные на высокогорных плантациях. По содержанию БАВ зеленый чай традиционно превосходит черный, исключение – черный чай формы 3823. В экстракте черного чая данной формы сохраняется больше каротиноидов, флавоноидов (в основном за счет теафлавинов и антоцианов). Готовый чай, производимый из опытных коллекционных образцов, превосходит контрольный сорт Колхида по содержанию изученных биологически активных веществ. Таким образом, можно говорить о высокой пищевой значимости коллекционных сортов/форм *Camellia sinensis* и возможности их использования для получения краснодарских элитных чаев с высоким содержанием основных антиоксидантных веществ: флавоноидов, полифенолов, аминокислот и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Устойчивость растений чая связана с функционированием механизмов, определяемых следующими компонентами антиоксидантной системы: активизацией гваяколпероксидазы, которая детерминирует повышенный синтез флавоноидов и аскорбиновой кислоты; усилением накопления общих полифенолов, антоцианов и кофеина; активизацией синтеза пигментов флавоноидной природы и каротиноидов, увеличением накопления пролина.
2. Значимая положительная корреляция отмечена между содержанием TRs и полифенолов ($r = 0,76$), их синтез определяется количеством осадков ($r = 0,99$); синтез полифенолов определен активностью гваяколпероксидазы ($r = 0,93$) и количеством осадков ($r = 0,83$); накопление АМК находится под контролем термического фактора ($r = 0,83$). Отрицательная корреляция выявлена между TRs – антоцианами ($r = -0,99$), TRs – АК ($r = -0,74$), TRs – АМК ($r = -0,98$), их синтез ингибируется термическим фактором ($r = -0,70$); антоцианами – общими полифенолами ($r = -0,85$), полифенолами – АМК ($r = -0,88$); синтез аминокислот ингибируется количеством осадков ($r = -0,99$).
3. Июнь – август являются периодами, характеризующимися наиболее высокими содержанием антиоксидантов в 3-листной флеша; сбор сырья в эти месяцы позволит получить продукт Премиум-класса.
4. Формы 582 и 2264 существенно превосходят контрольный сорт по содержанию флавоноидов (0,11 – 0,12 мг/г теафлавинов при 0,10 у орта Колхиды; 1,53 мг/г теарубигинов во флешах форм 2264 при 1,49 мг/г на контроле; 239,3 – 241,7 г/100г антоцианов, у сорта Колхиды – 218,4 г/100г), общих полифенолов (17,50 мг/г у формы 582 при 16,56 мг/г во флешах сорта Колхиды), аскорбиновой кислоты (226,0 – 249,0 мг/г при 198,2 на контроле) и аминокислот (1904 мг/г во флешах формы 582, при 1871 мг/г

АМК у сорта Колхиды), которые являются мощными антиоксидантами, что определяет их устойчивость к стрессорам абиотической природы. Эти формы представляют несомненную пищевую ценность в качестве сырья для приготовления напитка с повышенным содержанием БАВ и рекомендуются для использования в селекционной работе в качестве источников хозяйственно-ценных признаков.

5. На биохимический состав готового чая оказывают влияние время сбора сырья, условия его переработки, место размещения плантации, а также, генотипические особенности метаболических реакций.
6. Более насыщен антиоксидантами готовый чай, собираемый в июле – августе; наиболее ценными с позиции пищевой значимости являются чаи, расположенные на высокогорных плантациях.
7. По содержанию основных БАВ зеленый чай коллекционных образцов превосходит черный: витамин С – 9,40-14,53 мг/г (4,84-9,75 мг/г); витамин Р – 35,58-46,15 мг/г (19,85-23,20 мг/г); общие полифенолы 158,81-275,45 мг/г; сумма аминокислот составляет 737,2-1101,1 мг/г (483,0-737,2 мг/г).
8. Готовый чай, производимый из опытных коллекционных образцов, представляет большую пищевую ценность, чем чай из сырья контрольного сорта Колхида (витамин С 4,84-9,40 мг/г; витамин Р – 19,85-35,08 мг/г; общие полифенолы – 133,76 мг/г; теарубигины – 1,03 мг/г; сумма аминокислот – 483,0-826,4 мг/г), в связи с более высоким содержанием основных биологически активных веществ (витамин С – 6,23-14,53 мг/г; витамин Р – 20,70-46,15 мг/г; общие полифенолы – 158,81-275,45 мг/г; теарубигины – 1,10-1,18 мг/г; суммарное количество аминокислот составляет 515,0-1101,1 мг/г).
9. Содержание компонентов антиоксидантной системы, являющихся механизмами неспецифической защиты растений и источником биологически активных веществ, генетически детерминировано и реализуется в зависимости от комплекса внутренних и внешних условий (гидротермическими факторами, особенностями этапов переработки сырья).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании полученных в исследовании результатов рекомендуем использовать 3-лиственную флешь, собираемую в июле – августе, для получения краснодарских элитных чаев с высоким содержанием основных антиоксидантных веществ.

Учитывая полученными нами данные по содержанию вторичных метаболитов можно рекомендовать сорт Сочи, формы 582 и 2264 в селекционной работе в качестве источников БАВ и источников хозяйственно-ценных признаков.

Учитывая стабильность и высокое содержание аскорбиновой кислоты в 3-листной флешке формы 855 и сорта Колхида рекомендуем использовать данные растения в качестве источника витамина С при приготовлении готового напитка.

Учитывая невысокую вариабельность антиоксидантов в 3-листных флешках сорта Сочи и формы 3823 рекомендуем использовать эти растения для получения готового чая с выровненными качественными характеристиками без необходимого этапа купажирования.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Статьи в изданиях базы данных Scopus

1. Belous O., **Platonova N.** Physiological foundations of sustainability *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze and *Corylus pontica* C. Koch. in the conditions of humid subtropics of Russia // *American Journal of Plant Sciences*. – Vol.09 – No.09. – 2018. – p. 1771-1780. – <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.99129>
2. **Platonova N.**, Astanin A., Sedykh S., Samarina L., Belous O. The composition and content of phenolic compounds in tea, grown in humid subtropics of Russia // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. – vol. 13. – 2019. – no. 1. – p. 32-37. – <https://doi.org/10.5219/990>
3. Карцова Л.А., Деев В.А., Бессонова Е.А., Белоус О.Г., **Платонова Н.Б.** Определение полифенольных антиоксидантов в образцах зеленого чая. Характеристические хроматографические профили // *Аналитика и контроль*. – 2019. – Т. 23. – № 3. – С. 377-385. – <https://doi.org/10.15826/analitika.2019.23.3.010>
4. Белоус О.Г., **Платонова Н.Б.** Механизмы устойчивости растений чая к стрессорам зимнего периода // *Естественные и технические науки*. – №10. – 2019. – С. 41-44. – <https://doi.org/10.25633/ETN.2019.10.19>
5. Belous O., **Platonova N.** Biologically active substances of *Camellia sinensis* in a humid subtropical climate of Russia // *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. – vol. 15. – 2021. – p. 360-368. – <https://doi.org/10.5219/1440>

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

6. **Платонова Н.Б.**, Белоус О.Г., Остадалова М. Сравнительный анализ биохимических компонентов чая // *Субтропическое и декоративное садоводство*. – 2017. – вып. 61. – С. 180 – 189
7. **Платонова Н.Б.**, Белоус О.Г. Динамика активности фермента пероксидазы как элемента антиоксидантной защиты чая (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) // *Субтропическое и декоративное садоводство*. – 2019. – Вып. 68. – С. 197-201. – <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2019-68-197-201>
8. **Платонова Н.Б.**, Белоус О.Г. Влияние гидротермических условий на содержание флавоноидов в листьях чая // *Субтропическое и декоративное садоводство*. – 2020. – Вып. 72. – С. 116 – 123 – <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2020-72-116-123>
9. **Платонова Н.Б.**, Белоус О.Г. Вторичные метаболиты листьев чая и их участие в защите от экологических стрессоров // *Садоводство и виноградарство*. – 2020. – №4. – С.12-17. – <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-4-12-17>
10. **Платонова Н.Б.**, Белоус О.Г. Общее содержание антоцианов в 3-листных флешах и изменение // *Субтропическое и декоративное садоводство*. – 2020. – Т. 75. – С. 74-81. – <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2020-75-74-81>
11. **Платонова Н.Б.**, Бехтерев В.Н., Белоус О.Г. Влияние онтогенетических и климатических факторов на содержание кофеина в чае // *Вестник ВГУ. Серия: Биология. Химия. Медицина*. – 2020. – №4. – С. 28-34
12. **Платонова Н.Б.**, Клемешова К.В., Платонов А.А., Белоус О.Г. Закономерности варьирования некоторых антиоксидантов в чае, произрастающем во влажных субтропиках России // *Плодоводство и ягодоводство России*. – 2020. – Т. 63. – №1. – С. 103-109. – <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2020-63-103-109>
13. **Платонова Н.Б.**, Платонов А.А., Белоус О.Г. Активность пероксидазы в листьях чая под влиянием ряда факторов // *Субтропическое и декоративное садоводство*. – 2020. – Т. 73. – С. 149-155. – <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2020-73-149-154>
14. Платонова Н.Б., Белоус О.Г. Общее содержание антоцианов в 3-листных флешах и изменение их количества при переработке // *Субтропическое и декоративное садоводство*. – 2021. – Т. 75. – С. 74-77. – <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2020-75-74-77>

Публикации в прочих изданиях:

15. Belous O., **Platonova N.** Influence of altitude tea plantations above sea level on the chemical composition of tea // *Sciences of Europe*. – 2017 – Vol. 1. – No 22 (22). – PP. 3-6.
16. Belous O., **Platonova N.** Content of antioxidants in tea (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) grown in the subtropics of Russia // *Book of Abstracts of the 13th International Scientific Conference «Biotechnology and Quality of Raw Materials and Food-stuffs»*. – Nitra, Slovak Republic. – 2018. – p. 24
17. Belous O., **Platonova N.** Tannin-and-catechin tea complex of new selection forms grown in humid subtropics of Russia // *Annual Congress on Plant Science & Biosecurity (ACPB-2019)*, London, UK. – 2019 – P. 51
18. Konnov N.A., **Platonova N.B.**, Belous O.G. Comparative analysis of Ruthin content in tea of different climatic zones // *Current achievements and trends in ornamental and medicinal plants research. jubilee scientific conference 9 may 2019 devoted to the 40th anniversary of the institute of ornamental and medicinal plants (Sofia, Bulgaria)*. – 2019. – P. 33
19. **Platonova N.**, Belous O. Changes in the biochemical composition of tea in the recycling process // *Sbornik prednasek a posteru. Conference “Food Hygiene and Technology”*. – Brno – 2019. – P. 41-46.
20. Belous O., **Platonova N.** Content of vitamins C and Ruthin in Krasnodar tea // *Green Reports*. – 2020. – Т. 1. – №2. – p. 1-4. – <https://doi.org/10.36686/Ariviyal.GR.2020.01.02.007>

21. **Платонова Н.Б.**, Белоус О.Г. Содержание флавоноидов в чёрном чае // Мичуринский агрономический вестник. – 2017. – №2. – С. 92 – 98.
22. Белоус О.Г., **Платонова Н.Б.** Динамика накопления антиоксидантов в чае (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) в условиях субтропиков России // Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты): матер. VIII Международная научно-практическая конференция, 1-5 октября 2018 года, Ялта. – 2018. – с. 26-27
23. Белоус О.Г., **Платонова Н.Б.** Изменение ферментативной активности растений чая под влиянием стресс-факторов влажных субтропиков России // Механизмы устойчивости растений и микроорганизмов к неблагоприятным условиям среды: матер. годичного собрания Общества физиологов растений России, Всерос. науч. конф. с междунар. участием и школы молодых ученых. – 2018. – С. 127-129. – <https://doi.org/10.31255/978-5-94797-319-8-127-129>
24. **Платонова Н.Б.**, Белоус О.Г. Влияние абиотических стрессоров влажных субтропиков России на содержание антиоксидантов в краснодарском чае // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: Материалы XIII международной конференции, М.: РУДН. – 2018. – С. 202 - 207
25. **Платонова Н.Б.**, Белоус О.Г. Содержание флавоноидов в зависимости от условий выращивания и сорта чайного растения // Фенольные соединения: функциональная роль в растениях: сборник научных статей по материалам X Международного симпозиума «Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты», Москва, 14-19 мая 2018 г. – М.: ИФР РАН, – 2018. – С. 319-326. – ISBN 978-5-6040654-5-7
26. Белоус О.Г., **Платонова Н.Б.** Роль антиоксидантов в формировании устойчивости растений чая // IX Съезд общества физиологов растений России «Физиология растений – основа создания растений будущего», Казань, 19–21 сентября 2019 г.: тезисы докладов. – Казань: Издательство Казанского университета. – 2019 – С. 65. – <https://doi.org/10.26907/978-5-00130-204-9-2019-65>
27. Белоус О.Г., **Платонова Н.Б.** Физиологические механизмы устойчивости растений чая к гидротермическим стрессорам // сб. материалов V Международной научно-методологической конференции «Роль физиологии и биохимии в интродукции и селекции сельскохозяйственных растений»: в 2 т., Москва 15-19 апреля 2019. – Москва: РУДН. – 2019. – 1 т. – С.30-33. – <https://doi.org/10/22363/09358-2019-30-33>
28. Платонова Н.Б., Белоус О.Г. Изменение содержания флавоноидов в растениях чая в течение вегетации // «Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки» IV Международная научная конференция, 9-13 сентября 2019 года, Республика Крым. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ». – 2019. – С. 94-96. – <https://doi.org/10.33952/09.09.2019.42>
29. Платонова Н.Б., Бехтерев В.Н., Белоус О.Г. Изменение содержания кофеина в чае в процессе его переработки // Перспективы развития аграрных наук: материалы Междунар. науч.-практ. конф.: тезисы докладов (Чебоксары, 10 апреля 2020 г.). – ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА. – Чебоксары, 2020. – С.39-40. – ISBN 978-5-7677-2917-3
30. Приходько С.Н., **Платонова Н.Б.**, Белоус О.Г. Содержание витаминов в краснодарском чае и их изменение под влиянием ряда факторов // XIII Международная мультидисциплинарная научно-практическая конференция «Современное состояние науки и техники»: тезисы докладов (Сочи, 08– 16 февраля 2020 г.). – 2020. – С. 237-243.
31. **Платонова Н.Б.** Закономерности формирования антиоксидантной системы чая, произрастающего на плантациях Краснодарского края // XVII Ежегодная молодежная научная конференция «Наука и технологии Юга России»: тезисы докладов (г. Ростов-на-Дону, 15–30 апреля 2021 г.). – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2021. – С. 18 – ISBN 978-5-4358-0209-2з