

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
ТАДЖИКИСТАН
ТАДЖИКСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УДК 581.543.
ББК: 28.081.2
Б-90**

На правах рукописи

МЕХРИНИГОРИ БУЛБУЛНАЗАР

**БИОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕНОЛОВ РАСТЕНИЯ
ХЛОПЧАТНИКА**

**диссертация на соискание ученой степени доктора философии (PhD)-
доктора по специальности 6D060717 – Биохимия**

Научные руководители:

доктор биологических наук, профессор - Гиясов Т.Д.

кандидат химических наук, доцент - Мирзорахимов К. К.

Душанбе – 2024

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.....	6
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	12
1.1. Краткая систематическая характеристика растений хлопчатника.....	12
1.2. Особенности онтогенеза растений хлопчатника.....	14
1.3. Классификация фенольных соединений.....	17
1.4. Функции фенольных соединений.....	29
1.5. Биосинтез фенольных соединений	30
1.6. Антиоксидантные свойства растительных фенольных соединений.....	34
Заключение.....	37
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	39
2.1. Объекты исследования	39
2.2. Методы исследования.....	40
2.2.1. Методы выделения фенольных соединений.....	40
2.2.2. Методы качественного и количественного анализа фенольных соединений.....	41
2.2.2.1. Качественные реакции.....	42
2.2.2.2. Спектрофотометрическое определение фенольных соединений.....	44
2.2.2.3. Методы количественного определения фенольных соединений.....	44
2.2.3. Методы изучения физико-химических свойств фенольных соединений хлопчатника.....	45
2.2.3.1. Определение активной кислотности.....	45
2.2.3.2. Определение растворимости.....	45

2.2.3.3.Определение содержания сухих веществ в полученных красителях	45
2.2.3.4.Определение количества красящих веществ в полученных экстрактах.....	46
2.2.3.5. Исследование устойчивости выделенных красителей.....	49
2.2.3.6. Определение антиоксидантной активности фенольных соединений хлопчатника.....	50
Заключение.....	51
ГЛАВА 3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	52
3.1. Морфофизиологические показатели объектов исследования	52
3.2. Разработка оптимальных способов получения фенольных соединений состава растений хлопчатника.....	53
3.3. Качественный состав фенольных соединений растений хлопчатника.....	77
3.3.1. Качественные реакции фенольных соединений хлопчатника.....	77
3.3.2. Результаты спектрофотометрических исследований.....	78
3.4. Накопление фенольных соединений в онтогенезе растений.....	98
3.5. Антиоксидантная активность фенольных соединений хлопчатника.....	101
3.6. Красящие свойства фенольных соединений растений хлопчатника.....	111
Заключение.....	116
Выводы.....	120
Список литературы.....	121
Публикации по теме диссертации.....	139
Приложения.....	143

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

КДВ - конденсированные дубильные вещества

УФ - ультрафиолетовый спектр

ФЕП- фосфоенолпируват

АТР - аденинтрифосфат

АОА-антиоксидантная активность

АО-антиоксидант

ОП- оптическая плотность

НПО - Научное производственное объединение

ТАСХН-Таджикская академия сельскохозяйственных наук

ФАЛ-фенилаланинаммиаклиаза

БАД-биологические активные добавки

ОКК-оксикоричные кислоты

ВЕЖХ - высокоэффективная хроматография

МС-масс - спектрометрия

ИФР РАН - Институт физиологии растений Российской академии наук

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Известно, что фенольные соединения являются самым распространенным классом вторичных метаболитов растений. Фенолы обладают широким спектром функциональной активностью, обусловленной, в первую очередь, антиоксидантными свойствами. Одним из актуальных направлений современной физико-химической биологии является изучение физиолого-биохимической роли фенольных соединений в растительном организме [1,2]. Их можно считать полифункциональными биологически активными соединениями. Разнообразие форм и динамика накопления вторичных метаболитов в течение онтогенеза растений отражает их адаптационную стратегию, выработанную в ходе долгой эволюции естественным отбором [3]. В качестве критериев, которые обуславливают подойти к лучшему пониманию адаптивной способности, могут быть применения фенольных соединений, имеющих важное стратегическое значение в растительном мире. Для отбора перспективных генотипов в целях создания новых сортов растений хлопчатника с повышенным содержанием фенольных соединений и антиоксидантного потенциала, важно знать особенности формирования антиоксидантной системы растений, учитывать видовую и сортовую специфику динамики их накопления в ходе онтогенеза в зависимости от условий выращивания. Известно, что культурные формы хлопчатника в промышленных масштабах выращивают по всему свету как прядильное растение. Хлопчатник является источником растительных волокон для текстильной промышленности. В связи с этим хлопчатник является наиболее изученным объектом физиологии, биохимии и генетики растений. Хотя биохимический состав и метаболические особенности растений хлопчатника были и остаются объектом пристального внимания многих исследователей, все же наблюдаются некоторые пробелы в данном аспекте. На основе анализа существующей научной литературы, можно уверенно сказать, что качественный состав и количественное содержание фенольных соединений хлопчатника, онтогенетическая динамика их накопления и распределение по различным органам растений, а также их физиолого –

биохимические свойства, в том числе антиоксидантная активность, практически не исследованы.

Степень изученности научной темы: В настоящее время исследования, направленные на поиск и нахождение новых источников натуральных красителей из растительного сырья, а именно из растения хлопчатника и применения их для окрашивания хлопчатобумажных материалов является важной и актуальной имеющей значительный практический интерес.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель исследования. Целью данной работы являлась разработка оптимальных способов получения фенольных соединений различных органов хлопчатника, изучение качественного и количественного состава, онтогенетическая динамика накопления, биохимические свойства и возможности применения их на практике.

Задачи исследования.

1. Изучить морфофизиологические показатели объектов исследования;
2. Разработать оптимальные способы получения фенольных соединений состава растений хлопчатника;
3. Определить компонентный состав фенольных соединений, выделенных из различных органов хлопчатника в зависимости от фазы онтогенеза и генотипа растений;
4. Изучить динамику накопления фенольных соединений хлопчатника в зависимости от фазы онтогенеза растений;
5. Исследовать биохимические свойства фенолов состава различных органов растений хлопчатника;
6. Выявить возможности практического применения полученных фенольных соединений хлопчатника.

Объект исследования: Объектами исследования послужили пять сортов средневолокнистого хлопчатника (*Gossypium hirsutum*.L): «Хисор», «Мехргон», «Фаровон», «Шарора» и «Дусти».

Предмет исследования: Предметом исследования является: извлечение природных красителей из пяти сортов растений хлопчатника и их различных органов.

Научная новизна исследования

1. Впервые разработаны оптимальные способы получения фенольных соединений состава различных органов (листьев, корней, стеблей и коробочек) хлопчатника, защищенные малым патентом Республики Таджикистан;
2. Установлена широта диапазона компонентного состава фенольных соединений различных органов хлопчатника;
3. Выявлена онтогенетическая динамика накопления фенольных соединений у различных генотипов хлопчатника;
4. Впервые изучены некоторые кинетические параметры проявления физико-химических свойств фенольных соединений хлопчатника;
5. Доказано, что фенольные соединения растения хлопчатника обладают ярко выраженной антиоксидантной активностью;
6. Изучены красящие свойства экстрактов фенольных соединений различных сортов растений хлопчатника, и доказана возможность использования их для окрашивания текстильных материалов.

Теоретическая и научно-практическая значимость исследования

1. Установленные сортоспецифичные закономерности онтогенетической динамики накопления, широта диапазона компонентного состава и проявления антиоксидантной активности фенольных соединений растений хлопчатника расширяют представление об интегральной позиции метаболитов вторичного происхождения и могут быть использованы при разработке курсов лекций по биоорганической химии и биохимии растений, а также для проведения больших практикумов по специализации биохимии в профильных ВУЗах;
2. Разработанные способы выделения фенольных соединений состава хлопчатника (Способ получения красителя из растительного сырья, патент № 957 ТЈ, 13.04.2018г) могут быть использованы молодыми соискателями в научной практике;

3. Экстракты, выделенные из корней хлопчатника обладающими красящими свойствами, рекомендуются в качестве эффективного красителя в текстильной промышленности.

Положения, выносимые на защиту

1. Контрастность использованных в качестве объектов исследования форм хлопчатника по некоторым морфофизиологическим параметрам;
2. Разработка оптимальных способов получения фенольных соединений из различных органов растений хлопчатника;
3. Сортоспецифичные особенности качественного и количественного состава фенольных соединений растений хлопчатника;
4. Онтогенетическая закономерность динамики накопления и компартментации фенольных соединений в различных органах хлопчатника;
5. Важнейшие биохимические свойства фенольных соединений растений хлопчатника;
6. Красящие свойства экстрактов фенольных соединений растений хлопчатника и возможности их практического применения.

Степень достоверности результатов

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются результатами многочисленных полевых и лабораторных опытов на различных формах хлопчатника, использованием ряда современных физико-химических методов Сироткиной Е.Е. (1978), Тараховского Ю.С. (2013), Ожигова М.Г. (2006), Бирюкова Н.М. (2011), Сажина Н.Н. (2011), Доспехова Б.А. (1985) и др. четким совпадением результатов исследования, полученных различными методами.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности (с объяснением и отраслью исследований). Проведенные исследования относятся к биологической науке, особенно к отраслям молекулярной биологии, биохимии и физиологии растений. Отраслью исследования является биохимия растений.

Диссертация соответствует нескольким главам паспорта специальности 6D060717-Биохимия

В соответствии с главой 6. Проведено выделение фенольных соединений из состава различных органов пяти сортов средневолокнистого хлопчатника (*Gossypium hirsutum*.L), контрастно различающихся по морфометрическим признакам.

В соответствии с главой 7. Установлены качественный и количественный состав растений хлопчатника с использованием ряда качественных специфических реакций, спектрофотометрии и других методов. Показано, что фенольные соединения различных генотипов имеют сортоспецифичную динамику накопления в онтогенезе растений.

В соответствии с главой 9. Изучен ряд физико-химических свойств фенольных соединений состава хлопчатника и показана их устойчивость к температуре, pH- среды и других факторов.

Личный вклад соискателя ученой степени в исследовании. Заключается в участии во всех этапах исследования: выращивание объектов исследования в контролируемых полевых условиях, тщательного подбора и подготовки исходного материала, разработке оптимальных условий выделения фенольных соединений и подбора современных методов изучения их физико-химических свойств, обработке и интерпретации полученных экспериментальных данных, подготовке основных публикаций, диссертационной работы и автореферата. Доля автора в выполнении работы составляет около 90%.

Апробация и реализация результатов диссертации

Основные положения и результаты исследования докладывались на международных и отечественных конференциях: Материалы республиканской конференции ТНУ посвященной 20-летию Дня национального единства, Душанбе 2016г. «Экстракция фенольных соединений состава хлопчатника различными растворителями»; Материалы научно – практической конференции «Образование и наука в 21 веке: современные тенденции и перспективы развития» посвященной «70-й годовщине со дня образования Таджикского национального университета» Душанбе 2018г. «Определение антиоксидантной активности фенолов различных органов хлопчатника». Достижения современной биохимии; Материалы

республиканской конференции. Душанбе 2019г. «Способ извлечения красителя из различных частей растения хлопчатника как чистый экологический продукт»; Материалы международной научно – практической конференции (68-ая годовиная), посвященная «Годам развития села, туризма и народных ремёсел» Душанбе 2020г. «Антиоксидантный потенциал растения хлопчатника»; Материалы международной научно практической конференции «Роль женщин – ученых в развитии науки, инноваций и технологий» Душанбе 2020г. «Антиоксиданты растений хлопчатника»; Материалы 2-ой международной научно - практической конференции «Роль женщин - ученых в развитии науки инноваций и технологий. Таджикистан, г. Гулистан 2021г. «Изучение накопления фенольных соединений в пяти сортов растений хлопчатника»;

Республиканская научно-практическая конференция, посвященная 85-летию заслуженного деятеля науки и техники РТ, академика ТАСХН, профессора Сафарова Хабиба Муродовича Душанбе 2022 г. «Суммарное содержание фенольных соединений в различных органах растений хлопчатника»; Республиканская научно-практическая конференция, посвященная 85 - летию заслуженного деятеля науки и техники РТ, академика ТАСХН, профессора Сафарова Хабиба Муродовича. Душанбе 2022г. «Антиоксидантная активность фенолов растений хлопчатника». Материалы III – ей международной научно-практической конференции «Роль женщин – ученых в развитии науки, инноваций и технологий», г. Гулистан, Таджикистан 2022г. «Влияние температуры на степень экстракции фенольных соединений»; Международная научная конференция «Становление и развитие экспериментальной биологии в Таджикистане», посвящённая 90-летию со дня рождения академика НАНТ Ю.С. Насырова. Душанбе 2022г.

Материалы IV Международной научно - практической конференции «Роль женщин – учёных в развитии науки, инноваций и технологий» г. Худжанд, Согдийская область, Таджикистан -2023г. Красящие свойства фенольных соединений растений хлопчатника.

Материалы международной научно-практической конференции на тему «Научно-технические и экономические предпосылки ускоренной индустриализации Республики Таджикистан» 24-25 ноября 2023 года, Душанбе. Накопление фенольных соединений в онтогенезе растений хлопчатника

Публикации по теме диссертации

По теме диссертации опубликовано 23 научных работ, в том числе, 5 статей в журналах, рецензируемых ВАК при Президенте РТ, получен патент на изобретение.

Структура и объем диссертации: Диссертация изложена на **148** страницах стандартного компьютерного текста и состоит из введения, 3 глав, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. В диссертации представлено 17 таблиц и 29 рисунков. Список использованной литературы состоит из 175 наименований, в том числе 26 источников зарубежных авторов.

Глава 1. Литературный обзор

1.1. Краткая систематическая характеристика растений хлопчатника

С целью определения оптимальных вариантов использования различных органов растений хлопчатника для экстракции фенольных соединений, была проанализирована опубликованная по данной теме литература и проведен патентный поиск. Известно, что главное место среди прядильных культур занимает хлопчатник, дающий 75% мирового производства растительного текстильного сырья. Прядильные культуры также называют волокнистыми. Они – представители различных растительных семейств – Мальвовых, Льновых, Липовых и др., и по характеру основного продукта их разделяют на плодоволокнистые, стеблеволокнистые, листоволокнистые. К ним кроме хлопчатника относятся лён, конопля, джут, канатник, кенаф, рами и др. Это однолетние и многолетние растения, возделываемые в основном в районах жаркого климата [1,2].

Хлопчатник – универсальное растение, все его части являются ценным сырьем для промышленности. Всего из хлопчатника получают более 200 различных изделий необходимых и полезных человеку. Кроме того, он прекрасный медонос. Хлопководство – основная сельскохозяйственная отрасль республики Таджикистан. Основная продукция хлопка – волокно, которое является ценным экспортным материалом[3,4]. Как известно все сорта растений хлопчатника относятся к одному ряду – госсипиум (*Gossypium*), входящий в семейство мальвовые (*Malvaceae*). Предполагают, что род госсипиум произошел в очень отдаленные времена. По Ф. М. Майеру, предками хлопчатника служат несколько видов, род которых условно можно назвать *Palaeogossypium* [5,6]. Под действием естественного формообразовательного процесса, и особенно искусственного отбора человеком на протяжении тысячелетий, были созданы разнообразные формы и сорта хлопчатника. Существуют несколько видов культурного хлопчатника, но из них производственное значение имеют только два: хлопчатник средноволокнистый (*Gossypium hirsutum* L.), и хлопчатник тонковолокнистый (*G. Barbadense* L.).

Эти два вида имеют более урожайные сорта с высокими технологическими качествами волокна. В советские годы все сорта хлопчатника, выращиваемые на территории СССР по длине и прядильным свойствам волокна, делились на четыре группы: 1. Средневолокнистые сорта с длиной волокна короче 30 мм (*G. hirsutum*). 2. Длиноволокнистые сорта с длиной волокна более 30мм (*G. hirsutum*). 3. Тонковолокнистые сорта (*G. barbadense*). 4. Сорта хлопчатника с цветным волокном [7]. Несмотря на то, что прошло много лет, ценность работы академика П. Д. Усманова сохраняется, это объясняется тем, что в её основу были положены классические генетические подходы и методы экспериментального мутагенеза.

Общеизвестно, что сорта вида (*Gossypium hirsutum* L.) имеют большое производственное значение. Мировое хлопководство, в том числе хлопководство стран Центральной Азии, базируется в основном на сортах этого вида: именно они дают около 70% мировой продукции хлопководства. Поэтому различные сорта и формы *G. hirsutum* L. представляют большой интерес для разработки теоретических основ и практических приёмов селекции хлопчатника. Следует отметить, что вид хлопчатника *G. hirsutum* L. как объект для генетических исследований характеризуется следующими особенностями:

1. По происхождению хлопчатника вида *G. hirsutum* L. является амфидиплоидом с кариотипом $2n=52$, состоящим из двух геномов (ААДД), гомологичных геномам диплоидных видов Старого света $2n=26$, геном ДД).
2. Формы и сорта вида *G. hirsutum* L. имеют широкий ареал распространения, в результате чего в пределах этого вида наблюдается большой полиморфизм по многим биологическим, морфологическим, и хозяйственно - ценным признакам.
3. Вид *Gossypium hirsutum* L. характеризуется своеобразием вегетативного роста и репродуктивного развития. У них при вегетативном росте в определенных условиях внешней среды, в результате чего на одном и том же конусам и ярусам бутоны, цветки, а также коробочки разных возрастов. Эти особенности

накладывают определённый отпечаток на характер и направление генетических исследований на хлопчатнике.

4. Хлопчатник является факультативным самоопылителем, соединяющим в себе преимущества, как самоопылителя, так и перекрёстного опылителя. Следовательно, хлопчатник, как и другие, факультативно самоопыляющиеся растение, сохраняет преимущества облигатного самоопыления, вместе с тем благодаря спонтанным скрещиваниям освобождён при размножении от большинства недостатков облигатных самоопылителей [8].

1.2. Особенности онтогенеза растений хлопчатника

Установлено, что длина вегетационного периода хлопчатника 115-170 дней и более (для *G. hirsutum*.L 115-140 дней, а для *G. barbadense* 150-170 дней). Одним из самых важных периодов в жизни хлопчатника, как и для любого растения являются первые 15-20 суток после посева. Период вегетации (всходы – начало созревания) у различных форм хлопчатника продолжается от 90-110 дней. Так у большинства сортов хлопчатника обыкновенного созревание начинается через 130-160 дней после появления всходов. У хлопчатника отмечают следующие фазы развития: 1) прораствание семян; 2) всходы; 3) образование настоящих листьев; 4) бутонизация; 5) цветение; 6) раскрытие первых коробочек; 7) созревание первых коробочек; 8) прекращение вегетации. Продолжительность фаз колеблется в зависимости от видовых и сортовых, а также погодных особенностей и приемов выращивания. Период от появления первых бутонов до начала цветения продолжается 25-30 дней и растение при этом усиленно растёт. Цветение и созревание – наиболее продолжительные периоды в онтогенезе хлопчатника. Так, от начала цветения до начала созревания проходит два месяца (50–60 дней). Цветки раскрываются рано утром, во второй половине дня венчик увядает, на второй день венчик становится фиолетовым и опадает.

Первые коробочки созревают через 50–65 дней после начала цветения. Хотя хлопчатник засухоустойчивое растение, более высокую урожайность и волокно лучшего качества он даёт при орошении. Лучшее почвы для него – легкие плодородные сероземы с хорошей воздухопроницаемостью, хотя он может

произрастать и на разных по химическому составу почвах. Лучшая реакция почвы – нейтральная или слабощелочная. Он мирится с некоторой засоленностью, но совершенно не выносит кислых и заболоченных почв [9]. Нехватка воды может привести к изменению физиолого-биохимических процессов в клетках растений, что сказывается на уменьшении скорости накопления вегетативных и репродуктивных органов.

Любые патологические изменения в клетках растений является необратимым и поэтому, как указывают авторы для получения максимальной продукции растения, необходимо снабжать достаточным количеством воды в течение всего вегетационного периода [10].

Для хлопчатника, являющегося по своей природе растением с продолжительным периодом плодообразования, выяснение закономерностей роста, развития и урожайности под влиянием разных условий водообеспеченности имеет первостепенное значение [11]. С применением агрохимических методов доказано, что в условиях Таджикистана применение органоминеральных удобрений обуславливают увеличить урожайность хлопчатника в среднем на 14-15 ц/га и являются неотъемлемой частью агротехнического комплекса. Ветвление хлопчатника начинается при появлении 4-6 настоящих листьев. Растения могут иметь 3-4 ростовых ветвей. Выше 5-6-го настоящего листа формируются обычно плодовые ветви. Они бывают неопредельного типа ветвления, когда у них несколько междоузлий и предельного типа, когда они имеют лишь одно междоузлие, заканчивающиеся 2-3 бутонами [12,13]. Здесь следует отметить, что в корневой системе взрослых растений боковые ответвления низших порядков обычно бывают одревесневшими, и поверхность их покрыта пробковой тканью. Ответвления более высоких порядков — тонкие, нежные, они несут на себе корневые волоски. Длина их часто достигает 1-15 см, диаметр изменяется от 0,640 до 1,082 мм в зависимости от таксономического положения растений. Мощная и проникающая на большую глубину корневая система делает хлопчатник засухоустойчивым, способным усваивать влагу при малом ее содержании в почве [16,17]. Все части растения

содержат биологически активные вещества. Показано, что корневая система в этом плане является наиболее богатым органом. В коре корней обнаружены: госсин, аскорбиновая кислота, дубильные вещества, витамин. К, триметиламин, эфирное масло. Из коры корней хлопчатника вырабатывается жидкий экстракт, обладающий кровоостанавливающим действием [18].

Цветки у хлопчатника одиночные, крупные, ярко окрашенные в кремовый, желтый и белый цвета. Каждый цветок цветет только один день. Хлопчатник – самоопылитель, но яркие цветки с нектарниками способствуют перекрестному опылению пчелами, что значительно повышает урожайность и качество волокна. Цветки на растении хлопчатника появляются в определенной закономерности. Они раскрываются снизу-вверх группами или, как это называют, «конусами» В таком же порядке формируются завязи и идет созревание коробочек. В связи с этим на одном и том же растении можно видеть одновременно бутоны, цветки и плоды [19,20,21]. Для дружного цветения и плодообразования необходима температура 25-30⁰С. После сухой и теплой погоды коробочки проходят 50-65 дней. При сухой и теплой погоде коробочки раскрываются быстрее. Не все цветки дают коробочки. Значительное количество бутонов и завязей опадает, особенно при недостатке влаги и питательных веществ. Размер коробочки в зависимости от сорта и условий выращивания колеблется от 1,5 до 5 см в диаметре и от 2 до 10 гр по весу. Внутри коробочек находится 35-45 семян, густо покрытых волокном. Семена вместе с волокном называют хлопком – сырцом [22,23,24]. Семена содержат госсипол, госипин, госипурпурин, растительные масла, белки; в цветах содержатся флавоноиды (5%), лимонные (5- 7%) и яблочные (3-4%) кислоты, а также белки и небольшое количество смолистых веществ. Семена содержат около 40% жирного масла, госсипола и его производные. Известно, что госсипол является токсичным соединением фенольной природы. В настоящее время выведены сорта хлопчатника, не содержащие госсипола, что позволяет использовать жмых семян для кормления сельскохозяйственных животных [25,26,27]. Вата (хлопковые волоски) более чем на 95% состоит из целлюлозы. В листьях относительно много лимонной (5-7%) и яблочной (3-4%) кислот. Листья

хлопчатника можно использовать для производства лимонной кислоты. Каротиноиды и катехины содержатся во всех частях растения [28]. В последние годы достигнуты значительные успехи в этой области: созданы скороспелые, высокоурожайные и болезнеустойчивые сорта. Однако для дальнейшего развития селекции хлопчатника и для поднятия ее на новую степень необходимо применение современных методов молекулярной биологии, молекулярной генетики и генной инженерии. Это в свою очередь делает необходимыми исследования хлопчатника как одного из наименее изученных объектов среди других сельскохозяйственных культур в отношении биохимии, физиологии и генетики [29,30].

Хлопчатник делится на 6 геномных групп, включающих 37 видов. Наиболее культивируемыми видами являются *G. hirsutum* L. и *G. Barbadense* L., относящиеся к АД-геному.

Представители вида *G. hirsutum* L. относительно скороспелые и высокоурожайные, а представители вида и *G. Barbadense* L. характеризуются высокими технологическими качествами волокна, хотя более позднеспелые и низкоурожайные. Создание новых сортов, сочетающих хозяйственно полезные качества обоих видов хлопчатника, - одна из актуальных задач современной селекции. Сорта, полученные на основе межвидовой гибридизации, должны проходить многолетние испытания на константность. Разработка ускоренных методов отбора константных форм, основанных на биохимических признаках, невозможна без наличия данных по сравнительному изучению белков различных сортов и видов хлопчатника, а также данных по исследованию некоторых компонентов белков [31,32,33].

1.3. Классификация фенольных соединений

Вторичные метаболиты, с которым относятся фенольные соединения, часто считали второстепенными, случайными, и даже чудачествами растительного метаболизма [34].

В современной физико-химической биологии за последние 30 лет в области выделения и идентификации фенольных соединений растительного

происхождения достигнуты значительные успехи. Это тесно связано с разработками высокоэффективных методов инструментального анализа. Разработка газовых хроматографов (ГХ), газо-жидкостных хроматографов (ГЖХ), высокоэффективных жидкостных хроматографов (ВЖХ) и масс-хроматографов способствуют более полному выделению и изучению сотен тысяч различных вторичных метаболитов, относящихся к различным классам фенольных соединений.

Применение этих методов при изучении и идентификации фенольных соединений также обуславливает определение биохимического механизма образования фенольных соединений в онтогенезе растений. Также результаты изучения активных биологических свойств фенольных соединений обуславливали к разработке множества лекарственных препаратов и биологически активных добавок [35,36,37,40].

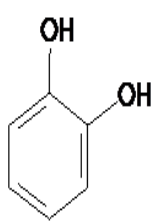
Судя по структуре фенолами называют органические вещества ароматической природы, содержащие один или несколько функциональных гидроксильных групп. Фенольные соединения получают не только методом синтеза, так же их выделяют из состава нефти, угля и растительности. В зависимости от содержания углеводородных радикалов и функциональных групп фенолы обладают различными физико-химическими свойствами.

Учитывая структуру фенольных соединений, их можно разделить по следующим группам:

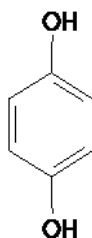
1. Простые фенолы (соединения C_6 -ряда), фенолы, содержащие одно ароматическое кольцо и одну гидроксильную группу;
2. Фенолы оксибензойного ряда (C_6-C_1 -соединения в которых содержится оксибензойная кислота);
3. Фенольное соединение группы фенилпропаноиды (C_6-C_3 соединения);
4. Фенольное соединение группы флавоноидов ($C_6-C_3 - C_6$ ряда);
5. Фенольные соединения группы стильбенов ($C_6-C_2 - C_6$ ряда);
6. Фенольные соединения имеющие группы хинонов;
7. Фенольные соединения, имеющие димерную структуру;

8. Полифенольные соединения (дубильные вещества);

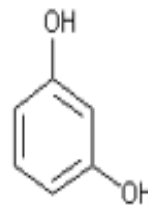
По количеству гидроксильных групп также фенольные соединения подразделяют на одноатомные, двухатомные и трехатомные. К двухатомным фенолам относятся следующие соединения:



пирокатехин

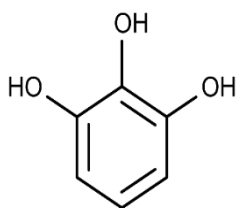


гидрохинон

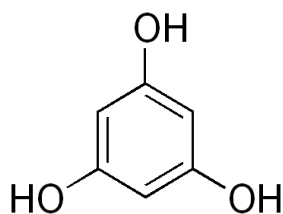


резорцин

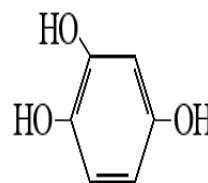
К трехатомным фенолам пирогаллол (2,3,6-триоксибензол), флороглюцин (1,3,5-триоксибензол и окси гидрохинон (1,2,3-триоксибензол) [41-43].



2,3,6-триоксибензол



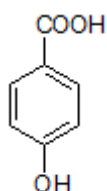
1,3,5-тириоксибензол



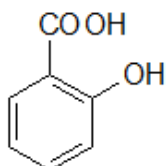
1,2,3 -триоксибензол

Фенол и его производные, а также двухатомные и трехатомные простые фенолы встречаются в растениях. Исключение составляет гидрохинон и его производные, в виде гликозидов [44].

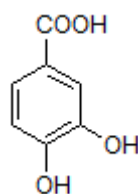
C₆ – C₁ – соединения. К группе фенолов C₆ – C₁ – ряда относятся окси бензойные кислоты и его производные, такие как п- оксибензойная, протокатеховая, ванилиновая, галловая и сиреневая.



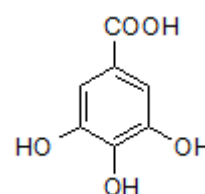
Кислота пара-
гидроксибензойная



Кислота
салициловая



Кислота
протокатеховая



Кислота
галловая

Группа фенолов C₆-C₁ широко распространена в растениях. Эти фенольные соединения присутствуют в растениях в связанном виде и в виде производных. Их можно получать при щелочном или кислотном гидролизе. При гидролизе они превращаются в свободном виде или виде димеров производных метадилгалловой кислоты. Здесь следует отметить, что галловая кислота обладает сильным восстановительным свойством. В связи с этим галловая кислота осаждает металлы из соли серебра и золота. Галловая кислота в щелочном растворе обладает способностью поглощать кислород воздуха, что приводит к её окислению, о чем свидетельствует превращение раствора в коричневый цвет [45,46].

Фенил карбоновые кислоты могут образовывать дипсидные соединения. Соединения, относящиеся к депсидам образуются в результате взаимодействия двух мономеров, относящихся к фенилкарбоновым кислотам. Два мономера соединяются между собой депсидной связью за счет гидроксильной группы одной кислоты и карбоксильной группы другой кислоты.

Анализ литературы показал, что значительное количество депсидов выделено и идентифицировано из растительного сырья, которые находятся в виде сложных эфиров гидроароматических кислот [47-49].

Фенольные соединения группы C₆ – C₃. Фенольные соединения этого ряда относятся к гидроксикоричным кислотам и кумаринам. Соединения п-кумаровая, п-оксикоричная и их метиловые производные феруловая и синуловая образуются за счет коричной кислоты, т.е. коричная кислота является исходным сырьём для биосинтеза этих соединений. Среди этих представителей кофейной кислоты как компонент в составе растений находятся в свободном виде. Кофейная кислота содержится в плодах кофе до 9%. Другие представители этого класса, такие как кумаровой, кониферилловый и сапановые соединения относятся к производным лигнина. Здесь следует отметить, что оксикоричные кислоты и их производные в основном локализируются в клеточной стенке и играют важную роль в регуляции их биохимических, а также физико-химических свойств.

Эти соединения под действием фермента липазы связываются с молекулами полисахаридов и образуют сложные эфиры. Эти соединения под действием УФ - лучей подвергаются к изомеризации в результате, которого транс - структура превращается в цис-изомерию.

В процессе изомеризации происходит преобразование поглощенной энергии, которая положительно влияет на физиологические процессы жизнедеятельности растений. Предполагается, что цис-формы могут действовать как рецепторы УФ и контролировать фототропизм, являться активаторами ростовых процессов растений [50-53]. Кроме того, цис-и транс - изомерия является важным этапом образования кумаринов. Фенилпропаноидные лактоны или кумарины – летучие вещества с приятным запахом свежего сена, усиливающиеся по мере высушивания. Сам кумарин в свободном виде обнаруживается редко, среди исключений можно отметить листья донника лекарственного (*Melilotus officinalis*.) семейство бобовые, где его содержание достигает до 0.9%. Чаще кумарин образуется при повреждении тканей, когда происходит отщепление глюкозы от гликозида орто-оксикоричной кислоты с последующей ее изомеризацией и циклизацией. Следовательно, благодаря летучим свойствам кумарины выполняют фитонцидную и репеллентную защитную функцию [54,55]. Кумарины обладают также высокой физиологической активностью, ингибируя прорастание семян, процессы роста и развития. Предполагается, что его неспецифическое действие на метаболизм растений осуществляется за счет подавления активности многих ферментов, синтеза хлорофилла, антоцианов и др. Следует отметить, что аллопатическая активность видов растений количественно оценивается в кумароновых единицах [56]. Кроме собственно кумаринов в растениях встречаются более сложные природные кумарины, у которых кумариновое ядро сконденсировано с каким-либо циклом. Наиболее важными для медицины являются производные фурукумаринов, имеющие дополнительное фурановое кольцо.

Они обладают выраженным спазмолитическим, противосудорожным, противоопухолевым, антисептическим и другими действиями [57]. Благодаря

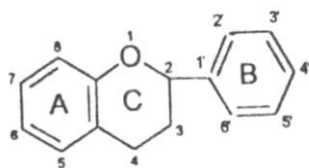
способности линейных фурукумаринов увеличивать чувствительность кожи УФ (фотосенсибилизирующий эффект), они стали использоваться в фотохимиотерапии многих, в том числе раковых, заболеваний. Специфически связываясь с пиримидиновыми основаниями (цитозином и тиминном) ДНК, они блокируют процессы транскрипции, а при действии УФ в области 320-400 нм становятся цитотоксичными [58]. Было выяснено, что при действии света фуранокумарины способны модифицировать биологические молекулы, вызывая, в конечном счете, стимуляцию работы иммунной системы [59].

C₆ – C₃ – C₃ – флавоноиды, изофлавоноиды. Флавоноиды относят к группе соединений со структурой C₆ – C₃ – C₆. Они являются самой многочисленной, разнообразной и наиболее широко исследуемой группой фенольных соединений. Кроме флавоноидов в природе встречаются также их димеры, названные бифлавоноидами, а также олигомеры более высокого порядка (конденсированные дубильные вещества) [60]. Все флавоноиды содержат два бензольных ядра и одно гетероциклическое O – содержащее (пирановое) кольцо, их можно рассматривать как производные 2 -фенилбензопирана (флавана) или 2-фенилбензо-γ-пирона (флавона). Классификация основана в первую очередь на степени окисленности трех углеродного фрагмента (центральное пирановое кольцо), а также: положении бокового фенильного радикала, различного замещения в кольцах А и В, наличия ассиметричного атома углерода [61]. Степень гликозилирования, места присоединения углеводных остатков и их природа, конфигурация гликозидных связей и характер сочленения гликозидной части с агликоном также приводят к разнообразию флавоноидов. Как отмечают авторы, состав флавоноидов является важным таксономическим признаком, который используется при установлении родства между видами [62]. Флавоноиды имеют различные функции в растениях, например, пигментация, защита от ультрафиолетового излучения, патогенной атаки, обеспечение жизнеспособности пыльцы. Биосинтез флавоноидов зависит от различных стимулов, таких как свет, элиситоры патогенных грибов, УФ-радиация, поранение и взаимодействие с микроорганизмами.

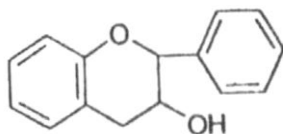
К флавоноидам и их производным относят также менее распространенные в природе халконы, соединения с раскрытым пирановым кольцом, а также изофлаваноиды, содержащие дополнительный гетероцикл (птерокарпаны и ротеноиды) [63,64]. Они также выполняют различные функции. Например, ротенон является ингибитором дыхания, используемым в качестве эффективного инсектицида. Изофлаваноиды принимают участие в формировании клубеньков у бобовых растений как сигнальные молекулы. В зависимости от степени окисления и гидроксирования пропанового скелета $C_6-C_3-C_6$ и положения фенольного радикала флавоноиды делятся на несколько групп [65].

I. Эуфлавоноиды с боковым фенольным радикалом у C_2 . К этой группе относятся

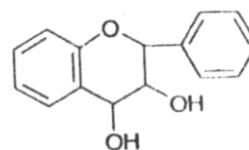
- флаван и его производные - катехины, лейкоантоцианидины;
- флаванон и его производные – флавонолы, флавононы, флавононолы;
- флавоноиды с раскрытым пирановым кольцом – халконы и дигидрохалконы.



катехин

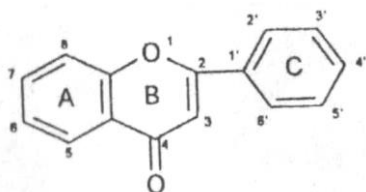


катехины флаванон

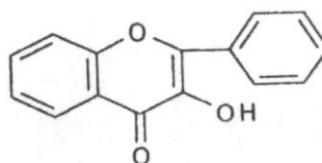


Лейкоантоцианидины

2) производные флавана (2 фенилхромона)

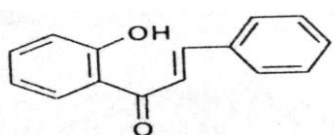


флаванон

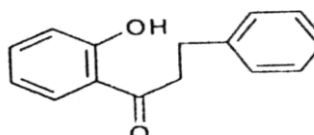


флавонол

3) флавоноиды с раскрытым пирановым кольцом:

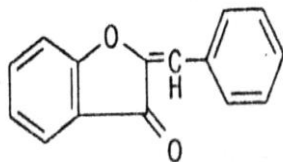


халкон



дигидрохалкон

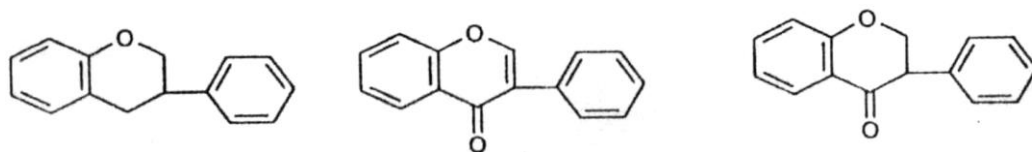
4) ауруны:



аурун

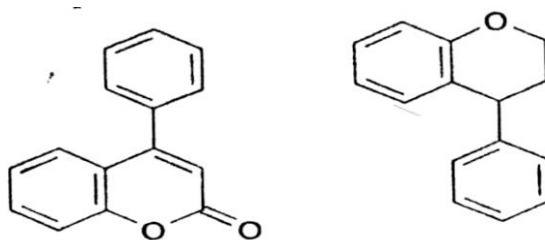
5. Изофлавоноиды

Фенольные соединения с фенольным радикалом в положении 3.



Изофлаван

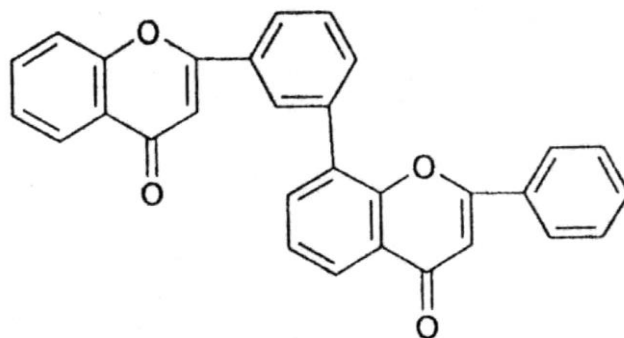
6. Неофлавоноиды с фенольным радикалом у C₄



4-Бензокумарин

4-Бензохроман (неофлаван)

7. Биофлавоноиды—димерные соединения, состоящие из связанных С – С связью флавонов, флавононов и др [66].



бифлаван

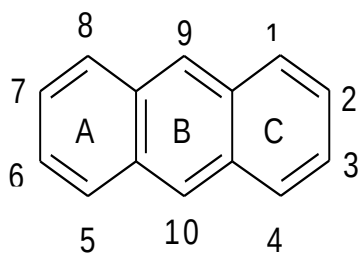
C₆ – C₂ – C₆ – соединения. Стильбены - сравнительно небольшая группа веществ (известно около 300 различных стильбенов), которые встречаются в основном в древесине различных видов деревьев, а также в тканях мховых, папоротникообразных. В растениях стильбены играют защитную роль, в основном противогрибковую (ингибирование созревания спор, роста гифов, фитоалексиновыми свойствами) и нематодоцидные свойства. В последнее время широко обсуждается значение стильбена резвератрол, содержащегося в красном вине и винограде, как эффективного противоопухолевого средства [67]. Он является мощным антиоксидантом, активность которого превосходит активность витамина Е. Помимо этого, резвератрол проявляет эстрогенную активность, связываясь с теми же самыми рецепторами, что и эстрадиол. В отличие от фенола эстрадиола, который способен приводить к ускорению развития ряда гормон зависимых опухолей, фито эстроген резвератрол, ингибируя рибонуклеотидредуктазу и подавляя биосинтез ДНК, напрямую блокирует, затормаживает размножение опухолевых клеток млекопитающих [68].

Здесь следует отметить, что кристаллы стильбена применяют в сцинтилляционных счётчиках, а стильбен-триазиновые производные - как оптические отбеливатели для хлопчатобумажных материалов благодаря их свойству поглощать ультрафиолетовые лучи и превращать их в синий или фиолетовый свет, который компенсирует нехватку синих лучей в отражаемом материалом свете [69].

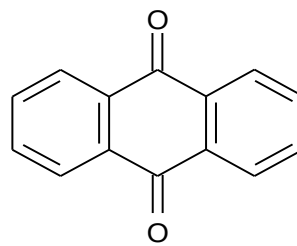
Хиноны (бензохиноны, нафтохиноны, антрахиноны)

Нафтохиноны, антрахиноны являются производные бензохинона, которые являются основами пигментов пластид [70].

Хиноны. К хинонам относятся производные нафтохинона и антрахинона, которые мало содержатся в составе растительных тканей. Выявлено, что антрахинон не устойчив к реакции окисления [71]. Окисление происходит за счет среднего кольца:



Антрахинон



Антрацен

Бензохиноны. В настоящее время идентифицировано более 100 представителей бензохинонов, которые в большинстве своем относятся к производным пара-бензохинонов. За исключением представителей убихинонов и пластохинонов другие бензохиноны не обнаружены в составе представителей высших растений. Среди идентифицированных бензохинонов наиболее изученными являются эмбелин, выделенный из состава созревших плодов *Embelia ribes*. Это фенольное соединение обладает обезболивающим и наркотическим эффектом, сравнимым по силе и характеру действия с морфином [72]. Простейшие природные хиноны токсичны.

Нафтохиноны. Этот класс фенольных соединений относится к хиноидным пигментам растений, которые чаще всего обнаруживаются в форме окрашенных продуктов. Судя по структуре производные 1,4-нафтохинона в своей молекуле могут содержать гидроксильные, метильные, пренильные и другие функциональные группировки. Одним из представителей пигментов нафтохинонового ряда является юглон, который находится в листьях и околоплодниках различных видов растений рода *Juglan*. Здесь следует отметить, что фитонцидные свойства юглона настолько устойчивы, что подавляется почвенная микрофлора и прорастание семян других видов растений [73]. Исследование химического состава ряда растений показало, что нафтохиноном, содержащимся во всех фотосинтезирующих тканях как акцептор электронов в реакционном центре, является филохинон, который является витамином K₁. Группа витаминов K₁ является лекарственным препаратом [74].

Основу скелета молекулы фенолов, относящихся к классу антрахинонов, составляет антрацен. Однако значительное количество представителей

нафтохинонов относится к антрахиноновому типу, антрон и антраноллабильным и под влиянием кислорода легко окисляются. Нафтохиноны в составе растений находятся в виде гликозидов, иногда образуют димеры фенолов (гиперицин зверобоя и гречихи).

Изучение биологической активности нафтохинона показало, что антрахиноны проявляют антибактериальное или антигрибковое свойством как, например, гиперин зверобоя, продырявленного (*Hypericum perforatum* L.). Некоторые из них являются лекарственными препаратами, которые используются в основном как слабительные [75].

Димерные фенольные соединения. Одним из типичных простейших природных димеров с димерными – связью является гексаоксидифеновая кислота. Этот представитель фенольных соединений встречается в растениях не в свободном виде, а входит в виде мономеров в состав дубильных веществ гидролизуемого ряда [76]. Димерные фенольные соединения образуются в результате неполного окисления галловой кислоты. Переходят в свободном состоянии при кислотном гидролизе, полученных экстрактов растительных органов, гексаоксидифеновая кислота спонтанно биосинтезируются превращается в эллаговую кислоту. Здесь следует отметить, что – одной из наиболее сильных антиканцерогенов и антимутагенов является эллаговая кислота, содержание эллаговой кислоты в растительной пище имеет огромное значение для взаимоотношений человека с природой. Димерные фенольные соединения имеют основную структуру с двумя ароматическими кольцами $C_6-C_3-C_4$ и делятся на флавоноиды и изофлавоноиды (ротеноиды) [77,78]. В настоящее время доказано, что димерные фенольные соединения являются наиболее широко распространёнными в природе и вероятнее всего принимают участие в формировании аромата и цвета плодов растений.

Полимерные фенольные соединения. Полимерные соединения очень распространены в растениях и являются представителями лигнина. Это полифенольное соединение содержится в одревесневших тканях растений (25-35%) [79]. В вегетативных частях растений его содержание составляет 6 - 14 % в

расчете на сухой вес. Лигнин по физико-химическим свойствам отличается от простых фенолов растительного происхождения. Лигнин очень плохо растворяется в органических растворителях также как диэтиловый эфир, сложный эфир этилацетат, бутилацетат, бензол, толуол, хлороформ и другие. Лигнин также практически не растворим в растворах неорганических кислот.

Необходимо отметить, что у каждого растения отмечаются свои особенности строения лигнина, то есть они не идентичны, они в основном отличаются различным остатком молекул многоатомных оксикоричных спиртов. При изучении структуры лигнина выявлено, что в составе большинства других травянистых растений содержится 45-50% остатков кониферилового спирта, около 30 %, п-оксикоричного и 15-20% остатков производного синапового спирта [82]. В связи с тем, что лигнин усваивается в организме человека и животных, то его накопление в кормовых растениях уменьшает переваримость компонентов корма, а, следовательно, и питательную ценность этой продукции [83].

Одним из классов полифенольных соединений являются дубильные вещества. Дубильные вещества имеют способность взаимодействовать с коллагеном – состава кожи животных образует прочную поперечную структуру, что используется при дублении кожи [84]. Также эти полифенольные соединения в значительной степени определяют терпкий и вяжущий вкус многих плодов и ягод.

Полифенольные соединения относятся к дубильным веществам в составе растительных продуктов и составляют 0,02- 0,05%, однако в некоторых из них значительно больше до 0,2-0,3% (яблоки, айва, вишня), в терне -1,5- 1,7%[85]. Известно, что многие гидролизуемые полифенольные соединения при нагревании в присутствии растворов минеральных кислот распадаются на фенольные кислоты и дисахариды, конденсированные полифенольные соединения представляют собой линейные полимерные структуры с большим молекулярным весом, мономерами которых являются катехины и некоторые другие восстановленные формы флавоноидов и флованонов [86].

Конденсированные полифенольные соединения катехинового ряда

содержатся в коре и древесине некоторых высших растений, таких как дуб, ива, сосна, ель, лиственница, эвкалипт, акация, каштан и др. Судя по химическому составу эти соединения, представляют собой главным образом олигомеры и полимеры катехиновой или флаван-3,4-диоловой природы. Идентификации их структур показала, что они являются продуктами конденсации флаван-3-олов, и в частности (+) – катехина, (-) – эпикатехина (+) – галлокатехина и (-) – эпигаллокатехина [87].

1.4. Функции фенольных соединений

Являясь постоянными и универсальными веществами растительных тканей, флавоноиды и другие классы фенольных соединений выполняют многочисленные физиолого – биохимические функции. Фенольные компоненты состава растений играют незаменимую роль в жизнедеятельности растений [88]. Многие представители фенольных соединений обладают антиоксидантной активностью; мембрана стабилизирующей способностью; влияет на белки; защищают от ультрафиолетового (УФ) излучения, патогенов, растительноядных животных; являются пигментами и копигментами, субстратами дыхания, эндогенными регуляторами роста, предшественниками для синтеза убихинонов, пластохинонов; выполняют механические функции; действуют в качестве аллелопатических агентов. Физиологические функции зачастую пересекаются и обусловлены способностью фенольных соединений окисляться, физически взаимодействовать с белками, поглощать свет [89].

Способность фенольных соединений к окислению объясняет их влияние на ростовые процессы растений. Склонные к обратимому окислению о -, р - фенольные соединения могут выступать в роли ингибиторов роста, тогда как m - фенольные соединения, не способные к такому превращению, стимулируют, рост растения [90]. Накопление ингибиторов роста фенольной природы происходит преимущественно при переходе растения в состояние покоя с наступлением холодов – так подавляется распускание почек, растяжение стеблей, рост побегов. Снижение концентрации фенольных соединений, особенно весной, стимулирует рост растений.

Функциональный статус разнообразных фенольных соединений определяется, прежде всего, их структурной организацией, а также их биохимическими функциями, которые они выполняют в растительном организме. В основном все фенольные соединения играют важную защитную роль в реакциях организма на разных уровнях [91]. Установлено, что растительные клетки реагируют на механические повреждения или проникновения патогенов повышением активности фенилаланинаммиак-лиазы, 4-гидроксилазы транс - коричной кислоты, пероксидазы и других ферментов. Это сопровождается "вспышкой" новообразования фенольных соединений. [92]. Среди защитных функций фенольных соединений выделяют фотопротекторную роль. Давно замечено, что растения, произрастающие в тропических и альпийских районах, содержат большее количество фенолов, чем растения умеренных зон [93]. Так, пигментированные формы культурных растений с высоким содержанием антоцианов происходят в основном из горных районов, например, столовая свекла по сравнению со своим предшественником листовой свеклой - мангольд. Доказано, что эпидермальные клетки, благодаря повышенному содержанию фенольных соединений, в первую очередь, флавоноидов легко пропускают видимый свет и поглощают до 95% УФ лучей, [94]. Можно считать доказанным фактом, то, что флавоноиды, в частности антоцианы, за счет поглощения активных форм кислорода снижают риск фотоокислительных повреждений клеток [95].

В лаборатории фенольного метаболизма ИФР РАН показано, что холодовое закаливание растений пшеницы приводит к повышению содержания фенольных веществ в 2,5-3 раза, причем в молодых органах синтез их моно- мерных форм происходит достаточно интенсивно. Таким образом, фенольные соединения обладают большим разнообразием функций, участвуют в формировании биохимической адаптации растений к условиям окружающей среды [96].

1.5. Биосинтез фенольных соединений

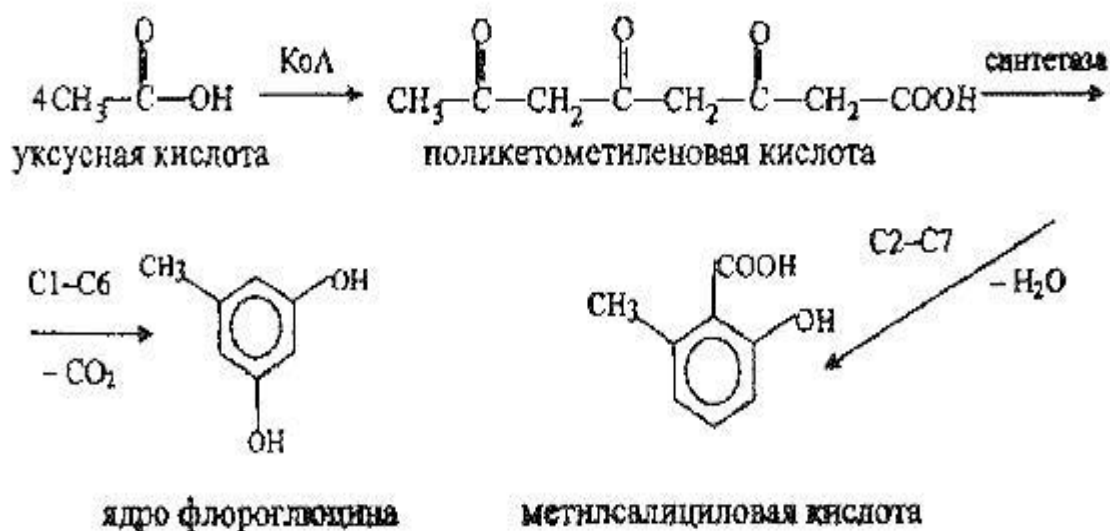
Анализ существующей литературы показывает, что на сегодняшний день известно два пути биосинтеза фенольных соединений – шикиматный и ацетатно-

малонатный метод образования. Основной путь шикиматный, это практически единственный способ формирования ароматического кольца [97]. В качестве исходных соединений для синтеза выступают фосфоенолпируват (ФЕП) и эритрозо-4-фосфат. При их конденсации возникает семиуглеродная кислота (2-кето-3-дезоксид-7-фосфоарабогептановая), которая затем циклизуется в 5-дегидрохинную кислоту [98]. Из дегидрохинной кислоты образуется шикимовая кислота, которая имеет шестичленное кольцо, одну двойную связь, и ее легко перевести в соединения ароматического ряда. Из шикимовой кислоты возможно образование оксибензойных кислот - п - оксибензойной, протокатеховой, галловой [99,100]. Однако основной путь использования шикимовой кислоты - образование через префеновую кислоту ароматических аминокислот фенилаланина и тирозина. Фенилаланин (возможно, в ряде случаев и тирозин) – основной предшественник синтеза фенольных соединений. Дезаминирование фенилаланина происходит под действием фермента фенилаланинаммиаклиаза (ФАЛ), в результате которого биосинтезируется коричная кислота, гидроксирование которой обуславливает к образованию пара-кумаровой (оксикоричной) кислоты [101].

В биосинтезе фенольных соединений после дополнительного гидроксирования и последующего метилирования из нее синтезируется остальные оксикоричные кислоты. Оксикоричные кислоты представляют центральное звено биосинтеза всех классов фенольных соединений компонентов клетки. Орто-кумаровая кислота относится к производным является кумаринов. Из ряда реакций алифатической молекулы образуются фенольные соединения ряда $C_6 - C_3$ и $C_6 - C_1$. Это второй путь биосинтеза оксибензойных кислот [102].

Ацетатно-малонатный способ биосинтеза (поликетидный) путь, в котором в качестве исходных продуктов соединений используется ацетил – КоА и малонил КоА. Ацетатно - малонатный путь биосинтеза фенольных соединений выявлен американскими учеными Берчем и Донованом в 1955 году.

Схема биосинтеза:



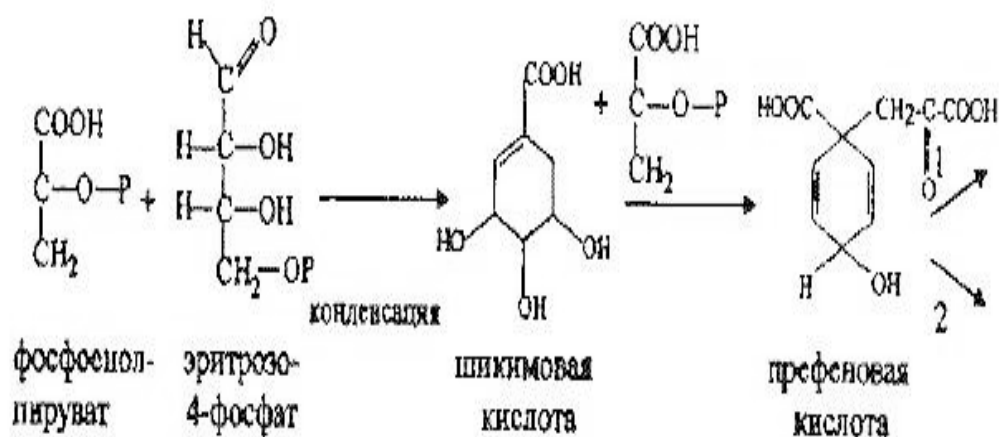
Исходным веществом данного метода биосинтеза является уксусная кислота, которая синтезируется из углеводов. Согласно ступенчатой конденсации остатков ацетатной кислоты образуются поликетометиленовые кислоты, присоединение этих веществ происходит по механизму «голова» - «хвост» при участии фермента Коэнзима А с промежуточным образованием ацетил-Коэнзима А, а затем малонил-Коэнзима. В связи с этим этот биосинтез называют ацетатно-малонатный путь. Согласно этому механизму циклизация поликетонов идет под влиянием фермента синтетазы. Если наращивать цепочку до 16-ти углеродных атомов (8 остатков ацетатной кислоты) образуется ядро антрацена [103].

На основе анализа литературы выявлено, что по ацетатно-малонатному пути идет в основном биосинтез простых фенолов и производных антрацена в составе грибов. Антрахинонов производных хризацина, колец А и С антрахинонов производных ализарина в различных представителей высших растениях; кольца В молекуле флованонов флавоноидов и госсипола, содержащегося как в компоненте различных вегетативных частях растений хлопчатника [104]. Здесь следует отметить, что до 60 % всей биомассы низших и высших растений образуется с прохождением углерода по шикиматному пути биосинтеза [105].

Шикиматный путь. Общеизвестно, что шикиматный путь объединяет в себе биосинтез фенольных компонентов и образование некоторых аминокислот, также как –L– фенилаланина, L–тирозина и L–триптофана [106]. Шикиматный путь начинается с конденсации фосфоэнолпирувата и эритрозо – 4 – фосфата. Образовавшийся в результате такой конденсации 3 – дезоксо – D – арабиногептулозонат – 7 – фосфат превращается в 3 – дигидрохинную кислоту [107]. Последняя дает начало либо хинной кислоте, либо 3 –дегидрошикимовой кислоте. Здесь следует отметить, что из 3 – дигидрошикимовой кислоты биосинтезируются шикимовая кислота, галловая кислота и протокатеховая кислота [108].

Биосинтез идет через шикимовую кислоту, которая является производными природными ароматическими соединениями. В идентификации этого пути биосинтеза большая заслуга принадлежит исследователю Б. Дэвису [109].

Схема биосинтеза:



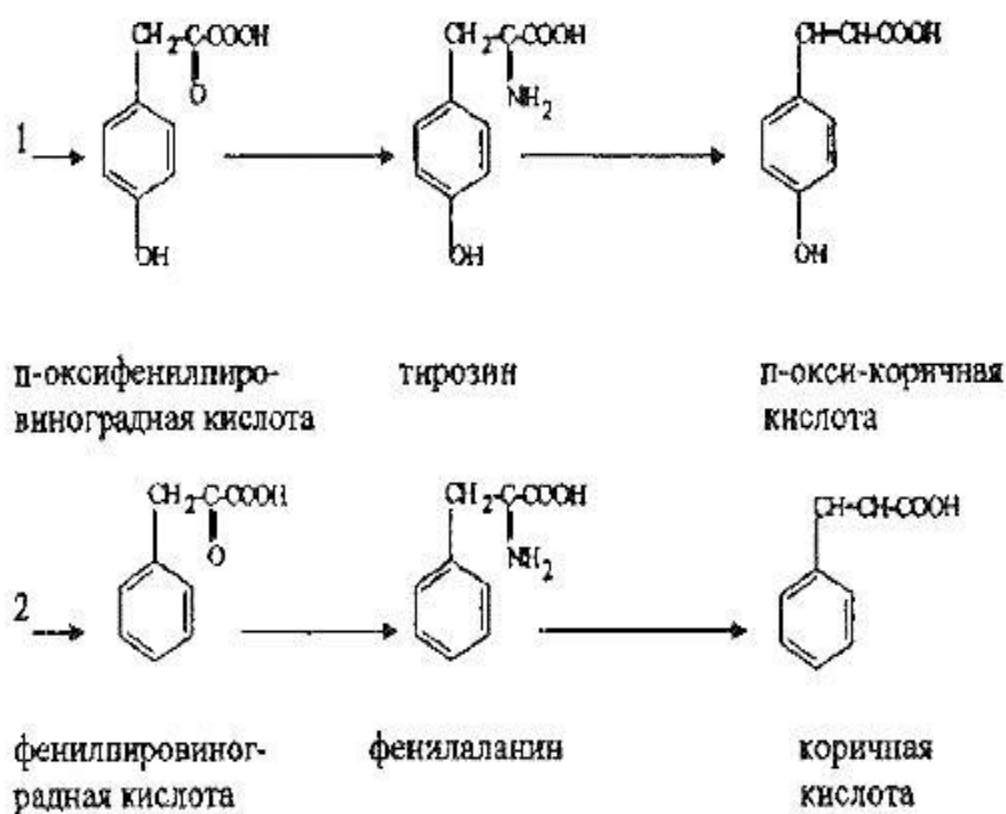


Рисунок 1. Схема биосинтеза фенольных соединений.

Здесь следует отметить, шикиматный путь осуществляется в клетках микроорганизмов, грибов и растений. Биохимические этапы осуществляются в пластидах, однако гены, образовавшие ферменты локализованы в ядре; при нормальных условиях жизнедеятельности роста около 20 % всего усваиваемого растением углерода протекает этим путем [110].

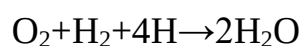
Шикимовая кислота имеет сложную структуру. В её молекуле содержится одно шестичленное кольцо с одной двойной связью, которая обуславливает превращение в соединение ароматического ряда с последующим образованием простых фенольных соединений $C_6 - C_1$ – ряда [111].

1.6. Антиоксидантные свойства растительных фенольных соединений

Антиоксиданты - вещества, способны замедлять или предотвращать окисление органических соединений. Антиоксиданты позволяют снизить степень окислительных повреждений. Что же такое антиоксидант?

С точки зрения механизма действия антиоксиданта – это любое вещество, которое с более низким содержанием, чем концентрация окисляемого вещества, может существенно затормозить или предотвращает окисление этого вещества. В настоящее время антиоксидантная активность (АОА) считается одной из важнейших и популярнейших характеристик веществ, определению которой уделяется особое внимание в большом количестве работ по исследованию биологически активных соединений [112]. Важная роль антиоксиданта – перехват свободных радикалов, возникающих в результате некоторых процессов в клетке живого организма и способных атаковать жизненно важные мишени, если естественный природный механизм их нейтрализации оказывается неспособным справиться с этой задачей. Доказано, что окисление идет по свободно-радикальному механизму, в результате которого получают свободные радикалы – атомы, которых на внешней электронной ячейке содержится один или несколько неспаренных электронов [113].

В литературе, посвященной проблемам свободно радикальной биологии, понятие антиоксидант (антиокислитель) часто отождествляется, что на наш взгляд, не совсем корректно. Главным источником радикалов в организме является молекулярный кислород, а в случае радиационного воздействия – вода. Молекула кислорода парамагнитна, так как она содержит два неспаренных электрона и представляет собой бирадикал O_2 . При полном восстановлении молекула кислорода, принимая четыре электрона и четыре протона, превращается в две молекулы воды.



Термин антиоксидант пришел в биологию из химии и химической физики, где его использовали в отношении соединений, добавки которых ингибировали свободно радикальное окисление органических материалов [114].

Большинство высших растений обладают достаточной устойчивостью к поражающим окислительным повреждениям, которые возникают при резком изменении физиологического состояния организма. Это связано с

существованием в растительной клетке эффективных антиоксидантов, которые способны защищать организм от кислородных радикалов. Здесь следует отметить, что антиоксидантными свойствами также обладают значительное количество природных соединений. Часть из них – витамины, например, витамины С, Е, и предшественник витамина А – каротиноиды. Кроме того, к антиоксидантам относится ряд фенольных природных соединений, такие как глутатион, цистеин, метионин, лютеин, убихиноны, токоферолы, мелатонин, ретиноиды, флавоноиды, липовая кислота и многие другие соединения, а также антиоксидантные ферменты [115].

Одним из важнейших свойств большинства фенольных соединений растительного происхождения связывают с их антиоксидантными свойствами. В связи с этим, в настоящее время известно очень много исследований, направленных на исследование антиоксидантных свойств природных фенольных соединений и интерес к данной проблеме не уменьшается, но возрастает с каждым годом [116]. Антиоксиданты относятся также к важнейшими пищевыми добавками. Вещества, влияющие на биологические процессы организма называют биологически активными веществами. На основе этих веществ отавливают активные биологические добавки. Эти добавки принимают в составе пищевых продуктов с целью обогащения рациона отдельными пищевыми или биологически активными веществами и их комплексами [117].

Вещества, принимаемые в качестве антиоксидантов, обладают выраженными бактериостатическими, бактерицидными и фунгицидными свойствами. Содержание отдельных полифенолов в растениях определяет их окраску, аромат цветов, вкус овощей и плодов [118].

За миллионы лет растения смогли выжить и приспособиться к непростым природным условиям, при которых им приходится существовать. Это произошло благодаря защите, которую выработали растения от неблагоприятных условий среды, и прокисания в том числе. Вероятнее всего, максимальное содержание природных антиоксидантов обнаруживается в кожуре и коре различных

представителей флоры, а также и в косточках, где хранится генетическая информация [119].

Таким образом, при анализе литературы выявлена, исключительно логичная цепочка: растения защищаются от биологических окислений с помощью выработки антиоксидантов, а мы, употребляя эти растения в пищу, насыщаем антиокислителями свой организм и защищаем себя от прокисания, старения и различных болезней [120].

Заключение

Таким образом, на основании анализа многочисленных литературных источников можно заключить, что сложные фенольные соединения являются самой распространенной группой класса ароматических соединений, встречающиеся во всех вегетативных органах высших и низших растений. Они являются постоянными и универсальными метаболитами состава растительных тканей и несут большую функциональную нагрузку.

Многообразие этих соединений связано с химическим строением и особенностью их физико-химических свойств, которые являются основой их классификации. Например, характерной особенностью сложных природных фенолов $C_6 - C_3$ ряда является индуцируемая УФ – светом стереоизомерия таких как цис- и транс- изомерия. Вероятнее всего, поэтому, они обладают выраженным спазмолитическим, противосудорожным, противоопухолевым и антисептическим действием, а в растительных организмах, благодаря высокой физиологической активности служат ингибиторами роста и развития.

$C_6 - C_3 - C_6 -$ флавоноиды являются самой многочисленной и полифункциональной группой фенолов состава растений. Они обеспечивают пигментацию, защиту от УФ – излучения, патогенную атаку, обеспечивают жизнеспособность пыльцы. Представители этой группы (ротенон) могут служить ингибитором дыхания, изофлавоноиды участвуют в качестве сигнальных молекул в формировании клубеньков у бобовых растений и.т.д. Определено, что высшие и низшие растения способны синтезировать много тысяч соединений,

содержащих один или несколько фенольных остатков. Сложные фенолы растительного происхождения можно подразделить на несколько классов групп по числу атомов в углеродном скелете. Идентификация фенольных соединений растительного происхождения показало, что флавоноиды по сравнению с другими классами фенольных соединений имеют более сложную структуру. В случае флавоноидов одно ароматическое кольцо и его боковая C_3 - цепь происходит из фенилаланина, тогда как другое кольцо образуется из ацетила CoA поликетидным путем.

Представители группы $C_6 - C_2 - C_6$ – соединения состава растений играют защитную роль, в том числе проявляют противогрибковую и нематодоцидные свойства. Представитель нафтохинонов – филлохинон служит акцептором электронов реакционного центра фотосинтетического аппарата во всех фотосинтезирующих тканях растений.

Активное участие фенольных соединений в метаболизме растений, прежде всего, связано с их антиоксидантной активностью, мембрана стабилизирующей способностью, эффективное поглощение УФ – излучения и существенное влияние на белковые вещества. Благодаря этим важным физиолого – биохимическим свойствам, широким распространением, многочисленностью и особенностью их компартментации, фенольные соединения выполняют важнейшие биологические функции и тем самым, эффективно участвуют в разных метаболических процессах, в том числе в формировании биохимической адаптации растений к меняющимся условиям окружающей среды и различных факторов зоны произрастания.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Объекты исследования

В целях выделения фенольных соединений в качестве объектов исследования нами были выбраны пять сортов растений хлопчатника «Хисор», «Мехргон», «Фаровон», «Шарора» и «Дусти». Растения выращивали на опытном участке кафедры биохимии биологического факультета ТНУ при одинаковых условиях в течении трех полевых сезонов 2016, 2017 и 2018г. Фенологические наблюдения проводили в течении всех фаз онтогенеза растений: 1) всходы; 2) образование настоящих листьев (вегетация); 3) бутонизация; 4) цветение; 5) плодooобразование; 6) массовое созревание.

Фенологические наблюдения, как правило, велись одновременно за 100 кустами каждого сорта растения, с целью правильной оценки фенологического состояния растений.

Для получения и изучения фенольных соединений были использованы корни, стебли, боковые ветви и коробочки всех исследованных сортов хлопчатника.

Сорт «Хисор» – новый скороспелый (вегетационный период 118 – 125 дней) вилт устойчивый сорт (поражается в среднем до 16,8%) средневолокнистого хлопчатника *Gossypium hirsutum* L [121]. Выведен в Таджикском научно – исследовательском институте НПО «Земледелие» ТАСХН и на кафедре хлопководства, генетики, селекции и семеноводства Таджикского аграрного университета. Высота главного стебля 90-100 см, куст пирамидальный, стебель, опушенный с сильным антоциановым загаром, закладка первой плодовой ветви на 4-5 узле. Лист средней величины, пяти лопастной, зеленой окраски. Коробочки округло – овальной формы, масса сырца одной коробочки 6,0 г.

Сорт «Мехргон» – скороспелое стандартного сорта Киргизский – 3 на 4 – 6 дней. Число дней от всходов до созревания 120 –123 дня. В различных экологических зонах Республики Таджикистан, сорт «Мехргон» имеет

доморозный урожай хлопка-сырца 33,9 – 37,5 ц/га [122]. Сорт «Мехргон» с 1994 г. районирован в Согдийской области Республики Таджикистан.

Сорт «Шарора» - районирован в 2012 году. Кусты хлопчатника «Шарора» компактной формы, высотой 100 см, стебель зелёного цвета со слабым опушением, устойчив к полеганию [123]. Сигмоидальные ветви 1–1,5 типа, высота закладки первой плодовой ветви на 4–5-ом узле. Листья средних размеров, четырех–пяти дольчатые, зелёной окраски, пластинка, средне – рассечённая. Цветки средней величины с лепестками и пыльниками бледно-желтого цвета, прицветники с зубцами. Коробочки яйцевидной формы с носиком, 4-5 створок.

Сорт «Фаровон» – выведен в Таджикском научно – исследовательском институте НПО. Куст - конусовидной формы со средней облиственностью. Стебель антоцианового цвета, неполегающий, относительно тонкий, опушенное среднее [124]. Высота главного стебля 90 –100см. Листья средних размеров, с формой как у сорта «Шарора», с антоциановой окраской, опушение слабое. Коробочка шаровидная, с вдавленным носиком.

Сорт «Дусти» – также выведен в Таджикском научно-исследовательском институте НПО. Является скороспелым сортом с наименьшей продолжительностью вегетационного периода, стебель тонкий. Высота главного стебля 80 – 90см. Сигмоидальные ветви I-II типа, высота закладки первого симподия на 8 – 9 узлов. Окраска листьев зеленая, опушенное слабое [125]. Коробочка шаровидная с вдавленным носиком.

2.2. Методы исследования

2.2.1 Методы выделения фенольных соединений

Одним из распространенных методов извлечения фенольных соединений из растительного сырья является экстракция растворителями различной полярности. Чаще всего водой и водно-спиртовыми растворами, а также полярными органическими растворителями [126-132]. Экстракция фенольных веществ из различных частей растения хлопчатника проводилась методом экстракции. В качестве экстрагента использовались дистиллированная вода и

водно-спиртовые растворы с концентрацией 40% и 70%. Высушенное измельченное растительное сырье смешивалось в определенном соотношении с экстрагентом. Фенольные соединения извлекались различными методами – мацерацией, противоточной экстракцией в аппарате Сокслета. Определение оптимальных условий экстракции фенольных соединений изучалось в зависимости от полноты извлечения фенольных веществ от соотношения сырья и экстрагирующего вещества, температуры, времени экстракции.

В целях определения важности соотношения сырья и растворителя экстракция проводилась при соотношении сырья и растворителя от 1:1 до 1:10. Количество фенольных веществ в экстракте определялось спектрофотометрическим методом по величине оптической плотности от 190 – 1100 нм.

С целью определения влияния температуры на извлечения фенольных соединений, экстракцию проводили в интервале температуры от 20 до 100⁰С при кипячении в колбе с обратным холодильником на водяной бане, а также противоточной экстракцией в аппарате Сокслета.

В целях определения зависимости степени экстракции от времени кипячения сырье и растворитель, взятые в соотношении 1:10 кипятили в течение 24 часов. Через каждый час, тщательно проверяли интенсивность цвета экстрактов.

Экстракты фенольных веществ были получены в виде концентрированных растворов и сухих порошков. Для получения сухих порошкообразных фенольных веществ экстрагент отгонялся под вакуумом в ротор-испарителе и остаток затем выдерживался в эксикаторе над водо-отнимающим средством (гидроксидом натрия или концентрированной серной кислотой) до полного высушивания.

2.2.2. Методы качественного и количественного анализа фенольных соединений

Известно, что в растительном сырье фенольные соединения определяются химическими методами с помощью качественных реакций и различными

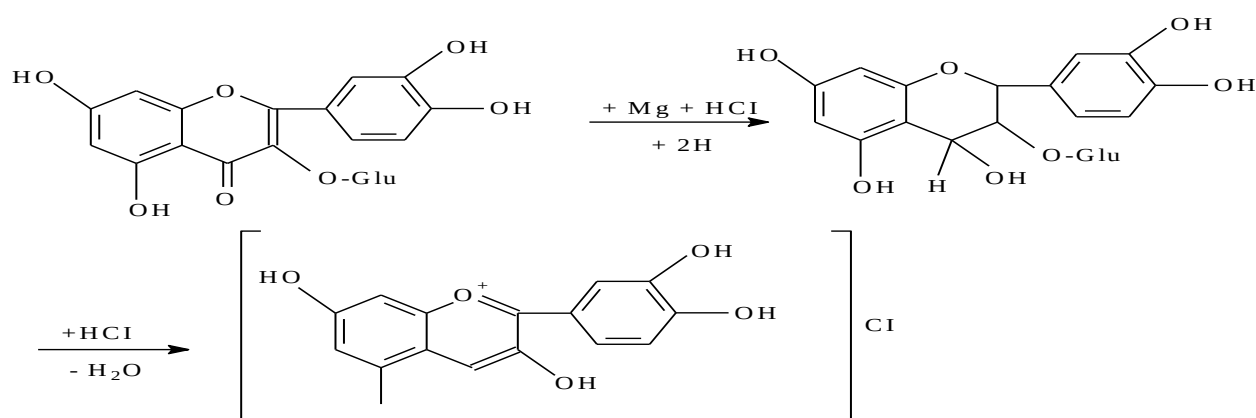
методами физика – химического анализа – спектрофотометрическим, электрометрическим и хроматографическим [126, 133-138].

Присутствие фенольных соединений в водных и спиртовых экстрактах хлопчатника определялось с помощью качественных реакций и по данным УФ-спектров. В наших исследованиях применялись наиболее эффективные и апробированные качественные реакции, описание которых приведены ниже.

2.2.2.1. Качественные реакции

Цианидиновая проба

Общепринятой эффективной реакцией на флавоноиды является цианидиновая проба. Сущность данной реакции заключается в том, что при воздействии водорода, который выделяется при взаимодействии металлического магния и концентрированной соляной кислоты, карбонильная группа восстанавливается и образуется ненасыщенный пирановый цикл. Пирановый цикл под воздействием соляной кислоты превращается в окрашенное оксониевое соединение. Наличие оранжевой окраски раствора свидетельствует о присутствии флавонов, красно-фиолетовой – о флаванонах, флавонолах и флавононолах в исследуемом экстракте.



Если вместо магния в качестве источника водорода использовать цинк, то положительную реакцию дают флавонолы и флавонол – 3 – гликозиды, а флаваноны не обнаруживают ее.

Халконы и ауроны не обнаруживаются цианидиновой пробой. Их наличие можно определить добавлением концентрированной соляной кислоты без магния.

В результате данной реакции образуются оксониевые соли, имеющие красную окраску.

Реакция проводится по следующей методике: 1 г сухого экстракта растворяется в 10 мл дистиллированной воды, приливается 10 мл 95% этилового спирта, нагревается на водяной бане до кипения и настаивается 3-4ч. Раствор фильтруют, разливают в 2 пробирки; в каждую пробирку прибавляют по несколько капель концентрированной соляной кислоты.

В 1-ю пробирку добавляют 0,03-0,05г цинковой пыли (или магния) и нагревают на водяной бане до кипения. Во вторую пробирку цинк (магний) не добавляется (контроль) [133].

Взаимодействие с щелочами

Одной из общей реакции на фенольные соединения является реакция с щелочами. Различные классы фенольных соединений можно определить по образующейся окраске раствора. Характерной реакцией на флавоноиды является их взаимодействие со щелочами с образованием желтой окраски. Халконы и ауроны дают со щелочами красное или ярко-желтое окрашивание, антоцианидиное-синее окрашивание [133-135]. Антрацен производные можно различить по темно-красной окраске, образующейся при воздействии щелочей.

Реакции с ионами алюминия

Флавоноиды некоторых классов дают комплексы с ионами алюминия, циркония, окрашенные в ярко-желтый цвет, особенно в УФ-свете, что используется при их хроматографическом обнаружении [133].

Реакции с хлоридом окисного железа

Фенольные соединения (фенолокислоты, флавоноиды, дубильные вещества), взаимодействуют с солями трехвалентного железа с образованием различно окрашенных комплексов (от зеленого до коричневого).

Реакция Запрометова (взаимодействие с ванилином в кислой среде)

Сущность реакция Запрометова заключается в появлении окраски при взаимодействии 1% – ного раствора ванилина в среде концентрированной серной кислоты с фенольными соединениями. Появление определенной окраски

свидетельствует о присутствии того или иного соединения. Различные классы фенольных соединений образуют при этом определенную окраску: красно-фиолетовую в присутствии катехинов и конденсированных дубильных веществ, ярко-желтую в случае флавонов и флавонолов, розовую – в случае присутствия эфиров катехинов, оранжевую – при наличии флаван-3,4 – диолов.

Реакции осаждения.

Все флавоноиды с основным ацетатом свинца образуют осадки, окрашенные в ярко-жёлтый или красный цвет.

Средним ацетатом свинца осаждаются лишь флавоноиды, содержащие свободные орто – гидроксильные группы [133-135].

2.2.2.2. Спектрофотометрическое определение фенольных соединений

Содержание фенольных соединений в объекте исследования проведено спектрофотометрическими методами. УФ – спектры выделенных фенольных соединений снимали на спектрофотометре СФ – 46 в кварцевых кюветах при длинах волн от 190 до 1100нм.

2.2.2.3. Методы количественного определения фенольных соединений

Содержание фенольных соединений в исследуемых растениях проведено спектрофотометрическим методом.

Методика определения заключается в следующей: около 1г исследуемого сырья помещают в колбу со шлифом вместимостью 100 мл, прибавляют 30 мл 70%-ного спирта, соединяют с обратным холодильником и кипятят на водяной бане в течение 30 минут. Холодный экстракт фильтруют в колбу объемом 100 мл. Объем раствора доводят спиртом до метки (раствор А). Аликвотную часть раствора А (4мл) помещают в мерную колбу объемом 25 мл, приливают 2 мл 2%-ного раствора хлорида алюминия в 95%-ном спирте и доводят объем раствора до метки 95% - ным спиртом. После инкубации в течение 20 минут измеряют оптическую плотность раствора на спектрофотометре в кювете при длине волны 410нм [139].

Для сравнения используют раствор, приготовленный из раствора А: 4мл данного раствора, помещают в мерную колбу на 25 мл, каплю раствора соляной

кислоты и доводят объем раствора до метки 95% - ным спиртом. Содержание суммы фенольных соединений определяют по формуле.

$$X = \frac{D \cdot 100 \cdot 100 \cdot 25}{330 \cdot m \cdot (100 - W)}$$

D-оптическая плотность испытуемого раствора;

330- удельный показатель поглощения комплекса авикулярины с алюминия хлоридом при 410нм; m-масса сырья в граммах; W- потеря в массе при высушивании сырья в процентах.

2.2.3. Методы изучения физико-химических свойств фенольных соединений хлопчатника

2.2.3.1. Определение активной кислотности (рН)

Для этого полученные экстракты красителей количественно переносили раствор в мерную колбу на 100 мл, в полученном растворе определяли рН раствора электрометрическим методом. Значения активной кислотности в выделенных красящих экстрактах нами были определены электрометрическим методом на приборе марки PHS-3CB Accuracy Degree 0,01 [140].

2.2.3.2. Определение растворимости

В целях определения растворимости сухих экстрактов в химический стакан емкостью 300 мл наливали 200 мл дистиллированной воды, вносили 2 мл концентрированного экстракта красителя и 0,3г порошкообразного высушенного экстракта, тщательно перемешивали стеклянной палочкой и рассматривали раствор в проходящем свете [141]. Полученный раствор должен быть прозрачным, без осадка и мути. Растворимость следует определять при 30⁰С [142].

2.2.3.3.Определение содержания сухих веществ в полученных красителях

Содержание сухих веществ в полученных экстрактах определялось весовым методом. Навеска экстракта массой 1 г. помещалась в предварительно высушенный и прокаленный тигель и выдерживалась в течение 60 минут в

сушильном шкафу при температуре 130⁰С до постоянной массы. При определении сухих веществ в жидких концентрированных экстракта 2 мл его наливали в высушенный и взвешенный тигель, содержащий 6-8-кратное количество подготовленного особым образом кварцевого песка. Все тщательно перемешивали, подсушивали на водяной бане и сушили в сушильном шкафу в течение 60 минут при температуре 130⁰ С. Песок необходим для увеличения поверхности испарения влаги. Песок предварительно промывается водой, затем соляной кислотой, после чего опять промывается водой до полного удаления кислоты. Хорошо промытый песок необходимо высушить и прокалить в муфельной печи.

Содержание сухих веществ определяется по формуле:

$$X = 100 - \frac{(a - b) * 100}{m};$$

где х - содержание сухих веществ, %;

а - масса тигля с экстрактом до высушивания, г;

б - масса тигля с красителем после высушивания, г;

т - масса навески экстракта, г.

2.2.3.4.Определение количества красящих веществ в полученных экстрактах

Содержание красящих веществ в красном красителе определяется сравнением интенсивности окраски стандартного и испытуемого раствора.

В качестве стандартного раствора используется стандартный раствор сульфата кобальта.

Для приготовления стандартного раствора точно взвешенную навеску кристаллического сульфата кобальта (CoSO₄*7H₂O) массой 20 г, растворяют в дистиллированной воде. Объем раствора в мерной колбе доводят до 1 л при температуре 20⁰С. Приготовленный стандартный раствор сульфата кобальта по интенсивности окраски соответствует содержанию 22 мг красящего вещества (энина) в 1 л.

Для приготовления раствора исследуемого красящего экстракта навеску образца красителя в количестве 1-4 г взвешивают с точностью до 0,0002 г,

разбавляют в химическом стакане дистиллированной водой, количественно переносят в мерную колбу вместимостью 1000 мл. Приготовленный раствор должен быть совершенно прозрачным. Если раствор мутный или содержит нерастворимые частицы, его фильтруют через стеклянный фильтр или центрифугируют.

Оптическую плотность стандартного и исследуемого раствора определяют на фотоэлектроколориметре при зеленом светофильтре ($\lambda=540$ нм).

Содержание красящих веществ определяется по соотношению:

$$D_1 : D_2 = C_1 : C_2,$$

где D_1 – оптическая плотность стандартного раствора сернокислого кобальта;

D_2 – оптическая плотность испытуемого раствора красителя;

C_1 – концентрация эталона;

C_2 – концентрация пигмента в 1 л раствора красителя.

Содержание красящих веществ x в граммах в 1 л красителя рассчитывают по следующей формуле, выведенной из приведенного выше соотношения:

$$C_2 = \frac{C_1 \cdot D_2}{D_1}$$

или
$$x = \frac{0,022 D_2 \cdot 1000}{m D_1} \text{ г / л ;}$$

или
$$x = \frac{22 D_2}{m D_1} \text{ г/л;}$$
 где m – масса навески красителя, г.

Содержание красящих веществ в желтых красителях основан на фотоэлектроколориметрическом методе с использованием калибровочной кривой. Калибровочную кривую строят по стандартному водному раствору бихромата калия ($K_2Cr_2O_7$), содержащему 360 мг этой соли в 1000 мл. В этом растворе 1 мл соответствует 2,08 мкг каротина.

Для приготовления стандартного раствора используют бихромат калия, навеску которого в количестве 0,360 г, взвешенную с точностью 0,0002 г, растворяют в дистиллированной воде в мерной колбе вместимостью 1000 мл.

Для построения калибровочной кривой, приготовленный стандартный раствор $K_2Cr_2O_7$ из бюретки точно дозируют в мерные колбы вместимостью 50 мл в количестве соответственно 45, 40, 35 мл и т. д.

Затем содержимое каждой колбы разбавляют дистиллированной водой при температуре 20°C до метки.

В полученных растворах бихромата калия определяют оптическую плотность на фотоэлектроколориметре в кювете с толщиной слоя 10 мм при синем светофильтре ($\lambda=480$ нм).

Для определения количества красящего вещества в исследуемом красителе 0,5 – 1 мл его отмеривают микропипеткой в мерную колбу вместимостью 50 мл. Содержимое колбы разбавляют спиртом до метки и определяют оптическую плотность приготовленного раствора красителя в кювете с толщиной слоя 10 мм при синем светофильтре. Затем по калибровочной кривой находят соответствующее значению оптической плотности количество каротина и рассчитывают содержание красящих веществ в испытуемом красителе. При этом исходят из следующих соотношений:

$$D_1 : D_2 = C_1 : C_2;$$

где D_1 – оптическая плотность стандартного раствора $K_2Cr_2O_7$;

D_2 – оптическая плотность испытуемого раствора красителя;

C_1 – количество каротина, соответствующее 1 мл стандартного раствора $K_2Cr_2O_7$, равное 2,08 мкг;

C_2 – концентрация красящих веществ в 1 мл раствора красителя (искомое), мкг.

Из приведенного соотношения находят:

$$C_x = \frac{D_2 \cdot 2,08}{D_1} ; \text{ Содержание красящих веществ в 1 л}$$

красителя с учетом указанного разведения определяют по следующей формуле:

$$x = \frac{D_2 \cdot 0,104}{D_1 V} ;$$

V – количество испытуемого красителя, разведенное спиртом до 50 мл в мерной колбе, мл.

По описанной методике содержание красящих веществ в натуральных желтых пищевых красителях определяют в спиртовых растворах их, содержащих около 10% сухого остатка. В случае концентрированных растворов или пастообразных желтых красителей для определения количества красящих веществ следует их количественно разводить спиртом до содержания сухого остатка в растворе в среднем 10%.

2.2.3.5. Исследование устойчивости выделенных красителей

Изучение устойчивости, выделенных красящих экстрактов проводилось фотоколориметрическим методом, исходя из того, что оптическая плотность растворов прямо пропорциональна концентрации растворенного вещества, критерием устойчивости был выбран этот показатель. В опытах определялась оптическая плотность растворов, полученных разбавлением густых экстрактов или растворением навески сухих порошков, выделенных красящих веществ. Так как оптическая плотность растворов прямо пропорциональна концентрации растворенного вещества, то по изменению оптической плотности, можно судить об изменении концентрации, и, следовательно, о разрушении красящих пигментов. Оптическая плотность экстрактов измерялась через определенные промежутки времени в течение трех месяцев на фотоколориметре КФК-3 с зеленым светофильтром ($\lambda=540$ нм) для растворов красного цвета и с синим светофильтром ($\lambda=490$ нм) для желтых растворов в кювете с $l = 10$ мм.

Определялось влияние температуры и длительности ее воздействия, а также активной кислотности среды на устойчивость полученных экстрактов.

При определении влияния длительности воздействия температуры на устойчивость цвета, выделенных природных красителей, измерялась оптическая плотность раствора, приготовленного из образца испытуемого экстракта. Последующие определения оптической плотности проводили после кипячения этого раствора в течение 10, 20, 30, 50 и 60 минут.

С целью определения стабильности цвета исследуемых в различных средах нами измерялась оптическая плотность растворов красителей при рН от 1 до 12.

2.2.3.6. Определение антиоксидантной активности фенольных соединений хлопчатника

Антиоксидантная активность всех полученных экстрактов изучалась с использованием – спектрофотометрического метода, основанным на реакции аутоокисления адреналина при длине волны 347нм [143].

Спектрофотометрический метод определения антиоксидантной активности, достаточно широко применяется для определения антиоксидантных свойств различных природных соединений. Сущность метода заключается в том, что в процессе аутоокисления адреналина в щелочной среде при комнатной температуре, интенсивно нарастает поглощение с максимумом при 347нм. Установлено, что появление этого продукта окисления адреналина значительно опережает по времени образование адrenoхрома (480нм). Поэтому образование данного вещества используется для оценки антиоксидантной активности различных видов лекарственного растительного сырья и полученных из них препаратов [143]. Методика определения заключается в следующем: к 2 мл бикарбонатного буфера (рН=10,65) добавляется 0,1мл 0,1% раствора адреналина гидрохлорида и определяется оптическую плотность через 10 минут при длине волны 347нм в кювете толщиной 10 мм на спектрофотометре СФ-46 (ОП1). Далее к 2мл бикарбонатного буфера (рН=10,65) добавляется 0,03мл исследуемого объекта (изучаемых экстрактов) и 0,1мл 0,1% раствора адреналина гидрохлорида и также определяется оптическая плотность через 10 минут при той же длине волны (ОП 2). Антиоксидантная активность (АОА) рассчитывается по формуле: [137]

$$АОА = (ОП1 - ОП2) \cdot 100 / ОП1$$

Величина АОА более 10% свидетельствует о наличии антиоксидантной активности. При расчете антиоксидантной активности также учитывалось то, что

экстракты имеют свою собственную окраску, которая поглощает определенную длину волны в видимой области спектра [144].

Заключение

Фенольные соединения являются важнейшей составляющей частью растительных объектов. Растительное сырьё содержащих флованоидов и других фенольных соединений, которые обладают биологическими активными веществами, имеют весьма большую прикладную значимость. Именно по этому модификация разработки новых биохимических методов анализа природных фенольных соединений, а также модернизация существующих методов является приоритетной задачей при изучении фенольных соединений растительного происхождения. На сегодняшний день имеется достаточно большой материал относительно химической структуры фенольных соединений, их биосинтеза, а также внутриклеточной локализации и регуляции этого процесса. Невзирая на это, имеющиеся на сегодняшний день данные о функции фенольных соединений в жизнедеятельности низших и высших растений остаются еще неполными и противоречивыми, что связано с многообразием этих соединений.

Нами изучена процедура экстракции фенольных веществ из различных частей растения хлопчатника, которое осуществлялось методом экстракции. При экстрагировании в качестве экстрагента применена дистиллированная вода и 40% и 70% водные растворы этилового спирта. Навеска высушенного измельченного растительного сырья смешивалась в определенном соотношении с экстрагентом. Присутствие фенольных соединений в водных и спиртовых экстрактах хлопчатника определялось с помощью специфических качественных реакций и спектрофотометрии. А также в исследованиях нами применены качественные и количественные реакции. Подобран наиболее эффективный метод определения антиоксидантной активности, которым оказался спектрофотометрический метод, основанный на химической реакции аутоокисления адреналина при длине волны 347нм. Учитывая разнообразие растительных фенольных соединений и их красящих свойств, нами планировалось разработать способ получения красителя из состава различных органов растения хлопчатника.

ГЛАВА 3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

3.1. Морфофизиологические показатели объектов исследования

Нами в течение трёх полевых сезонов 2016, 2017 и 2018 годов регулярно велось наблюдение за ходом роста и развития растений и в конце онтогенеза измеряли наиболее важные (на наш взгляд) морфофизиологические показатели как масса корней, стеблей, боковых ветвей и коробочек. В этих целях выбрали по 10-и кустов растений каждого исследуемого сорта. Для обработки экспериментальных данных применяли программу Microsoft Excel с надстройкой для статистической оценки и анализа лабораторных опытов AgCStaf. Среднее статическое значение каждого показателя (10*3сезона) приведены в таблице 1.

Таблица 1. Морфофизиологические показатели растения хлопчатника

№	Сорта хлопчат- ника	Высота растения (см.)	Толщина стебля (см.)	Масса стебля (гр.)	Масса корней (гр.)	Коли-во боковых ветвей (шт.)	Масса боковых ветвей (гр)	Масса одной короб-и (гр)
1	Хисор	120±2	3,8±0,1	11,52±0, 4	10,30±0,3	25±2	3,18±0,0 2	2,32±0,2
2	Мехргон	105±2	3,6±0,1	9,38±0,5	9,10±0,3	22±2	3,12±0,2	2,25±0,2
3	Фаровон	53±1	3,4±0,1	9,14±0,2	12,11±0,2 5	14±1	2,15±0,2	2,38±0,2
4	Шарора	58±1	3,5±0,1	10,15±0, 25	8,14±0,2	10±1	3,15±0,2	5,12±0,2
5	Дусти	81±2	3,0±0,1	9,82±0,1 5	5,22±0,2	12±1	2,1±0,2	4,50±0,2

Как видно из результатов, приведенных в таблице 1 объекты исследования, имели некоторые сортоспецифичные различия по всем изученным параметрам. Это наиболее четко проявляется по таким показателям как высота растения; где сорта «Хисор» и «Мехргон» имеют существенные преимущества над сортами «Фаровон» и «Шарора». Такая же картина наблюдается при сравнении

количества и массы боковых ветвей. Наиболее мощная корневая система наблюдается у сорта «Фаровон, наибольшая масса одной коробочки характерна сортам «Шарора» и «Дусти».

Такие существенные морфофизиологические различия, конечно же, связаны с генотипом данных сортов и косвенно могут указывать на возможные различия в метаболической мощи исследованных объектов, в том числе метаболитов вторичного метаболизма, может быть, и являются фенольные соединения.

3.2. Разработка оптимальных способов получения фенольных соединений растений хлопчатника

Задачей наших исследований являлось изучение важнейших морфофизиологических параметров роста и развития растений хлопчатника пяти сортов растений хлопчатника, культивируемых в нашей стране и установление качественного состава и количественного содержания фенольных соединений.

Анализ литературных данных указывает на то, что, основными группами фенольных соединений в растениях являются, флавоноиды, гидролизующиеся танины (продукты взаимодействия галловой кислоты и катехинов) производные оксикоричных кислот и антоцианы [42,43,53]. Различные группы фенольных соединений выполняют важные функции в жизнедеятельности растений, в связи с чем выделения и изучение их физико-химических свойств имеет важное научное и прикладное значение для биохимии растений. Как было указано в главе 2 растения ботанического рода, к которому относится (*Gossipium hirsutum*) обычно содержат соединения фенольной природы, антоцианы, флавонолы, флавононы, катехины, а также гидролизующиеся танины. Однако фенольные соединения хлопчатника практически не изучены, за исключением госсипола [145,146].

В связи с этим изучение фенольных соединений включало разработку оптимальных способов их выделения из растительного сырья, установление компонентного состава и закономерностей их накопления в растениях.

Известно, что основным способом выделения фенольных соединений

состава растений является их экстракция водой, слабыми растворами кислот, органическими растворителями (спиртами, сложными эфирами и другими растворителями). В качестве сырья для получения фенолов нами использовались корни, стебли, боковые ветви и коробочки всех пяти сортов хлопчатника.

Для экстракции фенольных соединений из различных органов растений хлопчатника, в качестве экстрагента были использованы дистиллированная вода, 40% и 70% -ные водно-спиртовые растворы.

Измельченные навески из корней, стеблей, листьев и коробочек подвергались экстракции при кипячении в течение 1-2 ч. водой, 40%-ным и 70% -ным водно-спиртовыми растворами.

Нами была исследована зависимость эффективности процесса извлечения фенольных соединений компонентов различных органов растений хлопчатника от ряда факторов, таких как состав экстрагента, концентрация сырья и растворителя, температуры инкубации и время экстракции.

Результаты определения зависимости процесса экстракции от растворителя, применяемого в качестве экстрагента, а также соотношения сырья и использованного растворителя представлены в таблицах 2-5 и на рисунках 1-5.

Таблица 2. Зависимость эффективности экстракции используемого раствора от соотношения сырья и экстрагента

1. Экстракты корней сорта «Хисор»						
	Соотношение сырья (г): экстрагента (л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
Экстрагент	Вода					
Оптическая плотность, λ - 620нм	1.42	1.50	1.55	1.40	1.30	1.30
Концентрация (мг/л)	42.2	44.5	46.0	41.6	38.6	38.6
Экстрагент	водно-спиртовой раствор (40%)					

Продолжение таблицы 2

Оптическая плотность	1.50	1.65	1.75	1.51	1.40	1.40
Концентрация (мг/л)	44.5	49.0	52.0	46.0	41.6	41.6
Экстрагент водно-спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	1.10	0,12	1,26	1,26	1,26	1,26
Концентрация	32.7	33.2	37.4	37.4	37.4	37.4
2.Экстракты корней сорта «Мехргон»						
Соотношение сырья (г): экстрагента (л)						
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
Экстрагент вода						
Оптическая плотность λ -620нм	0.30	0.40	0.50	0.60	0.60	0.60
Концентрация (мг/л)	8.9	11.98	14.86	17.8	17.8	17.8
Экстрагент водно – спиртовой раствор (40%)						
Оптическая плотность	1.23	1.26	1.30	1.30	1.24	1.22
Концентрация (мг/л)	35.6	38.9	40.2	45.4	41.1	46.2
Экстрагент водно-спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	1.12	1.15	1.18	1.18	1.22	1.25
Концентрация (мг/л)	20.2	25.3	25.5	28.4	29.1	30.0
3.Экстракт из корней сорта «Фаровон»						
	Соотношение сырья (г): экстрагент (л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
Экстрагент вода						

Продолжение таблицы 2

Оптическая плотность λ -620 нм	0.58	0.62	0.76	0.75	0.76	0.76
Концентрация (мг/л)	17.2	18.4	22.5	22.2	22.5	22.5
Экстрагент водно-спиртовой раствор (40%)						
Оптическая плотность	0.64	0.81	0.85	0.84	0.84	0.84
Концентрация (мг/л)	19.0	24.0	25.2	24.9	24.9	24.9
Экстрагент водно-спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	1.8	1.10	1.10	1.12	1.9	1.10
Концентрация (мг/л)	10.1	10.6	18.5	22.1	25.4	26.8
4.Экстракт из корней сорта «Шарора»						
	Соотношение сырья(г): экстрагент (л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
Экстрагент вода						
Оптическая плотность λ -620 нм	0.32	0.47	0.54	0.65	0.63	0.63
Концентрация (мг/л)	9.9	13.9	16.0	19.3	18.7	18.7
Экстрагент водно - спиртовой раствор (40%)						
Оптическая плотность	0.75	0.88	1.00	1.00	1.01	1.01
Концентрация (мг/л)	22.2	26.1	29.7	29.7	30.0	30.0
Экстрагент водно-спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	0.65	0.80	0.95	1.05	1.06	1.06
Концентрация (мг/л)	20.2	22.4	24.3	26.5	27.3	28.6

5. Экстракт из корней сорта «Дусти»						
	Соотношение сырья(г): экстрагент(л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
Экстрагент вода						
Оптическая плотность λ -620нм	0.23	0.41	0.46	0.52	0.68	0.72
Концентрация (мг/л)	20.1	20.8	22.6	25.3	29.6	30.1
Экстрагент водно-спиртовой раствор (40%)						
Оптическая плотность	0.12	0.16	0.18	0.22	0.24	0.26
Концентрация (мг/л)	18.1	20.3	22.1	24.3	25.1	30.1
Экстрагент водно-спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	0.26	0.30	0,36	0.35	0.30	0.34
Концентрация (мг/л)	12.2	15.6	16.4	18.5	20.1	22.1

Таблица 3. Зависимость эффективности экстракции используемого раствора от соотношения сырья и экстрагента

1. Экстракты из стеблей сорта «Хисор»						
	Соотношение сырья(г): экстрагент(л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
Экстрагент вода						
Оптическая плотность λ - 620нм	0.42	0.50	0.55	0.40	0.32	0.30
Концентрация(мг/л)	40.2	44.4	46.0	41.6	38.6	38
Экстрагент водно-спиртовой раствор (40%)						

Продолжение таблицы 3

Оптическая плотность	1.50	1.65	1.75	1.51	1.40	1.40
Концентрация(мг/л)	44.5	49.0	52.0	46.0	41.6	41.6
Экстрагент водно-спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	1.10	0,12	1,26	1,26	1,26	1,26
Концентрация(мг/л)	32.7	33.2	37.4	37.4	37.4	37.4
2.Экстракт из стеблей сорта «Мехргона»						
Соотношение сырья (г) экстрагент (л)						
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
Экстрагент вода						
Оптическая плотность λ -620 нм	0.26	0.32	0.36	0.40	0.42	0.38
Концентрация (мг/л)	35.2	28.1	36.1	40.2	42.4	39.0
Экстрагент водно-спиртовой раствор (40%)						
Оптическая плотность	0.25	0.36	0.38	0.40	0.41	0.42
Концентрация (мг/л)	24.4	28.5	30.4	28.4	29.1	30.0
Экстрагент водно-спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	0.30	0.40	0.50	0.60	0.60	0.60
Концентрация(мг/л)	8.9	11.98	14.86	17.8	17.8	17,8
3.Экстракт из стеблей сорта «Фаровон»						
	Соотношение сырья (г): экстрагент (л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10

Продолжение таблицы 3

Экстрагент		вода				
Оптическая плотность λ -620 нм	0.58	0.62	0.76	0.75	0.76	0.76
Концентрация(мг/л)	17.2	18.4	22.5	22.2	22.5	22.5
Экстрагент		водно-спиртовой раствор (40%)				
Оптическая плотность	0.64	0.81	0.85	0.84	0.84	0.84
Концентрация(мг/л)	19.0	24.0	25.2	24.9	24.9	24.9
Экстрагент		водно-спиртовой раствор (70%)				
Оптическая плотность	0.35	0.40	0.42	0.50	0.52	0.54
Концентрация(мг/л)	10.1	10.6	15.8	18.4	18.8	19.1
4.Экстракт из стеблей сорта «Шарора»						
	Соотношение сырья (г): экстрагент(л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
Экстрагент		вода				
Оптическая плотность λ - 620 нм	0.32	0.47	0.54	0.65	0.63	0.63
Концентрация(мг/л)	9.9	13.9	16.0	19.3	18.7	18.7
Экстрагент		водно-спиртовой раствор (40%)				
Оптическая плотность	0.75	0.88	1.00	1.00	1.01	1.01
Концентрация(мг/л)	22.2	26.1	29.7	29.7	30.0	30.0
Экстрагент		водно-спиртовой раствор (70%)				
Оптическая плотность	0.28	0.30	0.32	0.35	0.38	0.38

Продолжение таблицы 3

Концентрация(мг/л)	8.1	10.0	10.6	16.2	18.4	18.6
5.Экстракт из стеблей сорта «Дусти»						
	Соотношение сырья(г): экстрагент(л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
Экстрагент вода						
Оптическая плотность λ -620нм	0.26	0.30	0.34	0.43	0.54	0.58
Концентрация(мг/л)	8.6	10.2	12.5	15.6	17.1	17.4
Экстрагент водно-спиртовой раствор (40%)						
Оптическая плотность	0.14	0.23	0.28	0.30	0.34	0.35
Концентрация (мг/л)	10.1	12.3	14.5	16.2	18.4	20.2
Экстрагент водно-спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	0.25	0.28	0.30	0.32	0.35	0.35
Концентрация(мг/л)	10.0	10.4	12.1	14.6	15.2	18.2

Таблица 4. Зависимость эффективности экстракции используемого раствора от соотношения сырья и экстрагента

1.Экстракт из боковых ветвей хлопчатника сорта «Хисор»						
	Соотношение сырья (г): экстрагент (л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
Вода						
Оптическая плотность λ -620 нм	1.35	1.36	1.45	1.55	1.63	1.67
Концентрация (мг/л)	22.2	25.4	26.2	32.5	36.3	38.5

Продолжение таблицы 4

Экстрагент водно-спиртовой раствор (40%)						
Оптическая плотность	1.20	1.33	1.48	1.40	1.36	1.38
Концентрация (мг/л)	32.4	35.6	38.6	40.2	39.6	39.3
Экстрагент водно-спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	0.15	0,18	0.26	0.28	0.26	0.28
Концентрация (мг/л)	22.4	25.3	27.1	28.2	30.1	30.1
2.Экстракт из боковых ветвей сорта «Мехргон»						
	Соотношение сырья (г): экстрагент (л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
экстрагент вода						
Оптическая плотность λ - 620 нм	1.20	1.25	1.26	1.28	0.25	1.26
Концентрация (мг/л)	20.1	22.3	24.1	25.0	25.5	26.8
экстрагент водно-спиртовой раствор (40%)						
Оптическая плотность	1.15	1.17	1.20	1.23	1.26	1.28
Концентрация (мг/л)	30.0	31.5	33.4	35.6	38.6	38.8
экстрагент водно-спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	0.24	0.25	0.34	0.38	0.40	0.45
Концентрация (мг/л)	4.5	8.3	9.10	11.5	15.4	16.6
3.Экстракт из боковых ветвей сорта «Фаровон»						
	Соотношение сырья (г) экстрагент (л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
экстрагент вода						

Продолжение таблицы 4

Оптическая плотность λ - 620 нм	0.23	0.36	0.40	0.48	0.52	0.54
Концентрация (мг/л)	16.2	18.3	20.4	21.3	22.4	22.5
экстрагент водно-спиртовой раствор (40%)						
Оптическая плотность	0.64	0.81	0.85	0.84	0.84	0.84
Концентрация (мг/л)	19.0	24.0	25.2	24.9	24.9	24.9
экстрагент водно-спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	0.20	0.22	0.25	0.26	0.26	0.28
Концентрация (мг/л)	8.5	10.2	12.3	16.1	15.8	18.2
4.Экстракт из боковых ветвей сорта «Шарора»						
	Соотношение сырья (г): экстрагент(л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
экстрагент вода						
Оптическая плотность λ -620 нм	0.32	0.47	0.54	0.65	0.63	0.63
Концентрация (мг/л)	9.8	13.9	16.0	19.3	18.7	18.7
экстрагент водно-спиртовой раствор (40%)						
Оптическая плотность	0.75	0.88	1.00	1.00	1.01	1.01
Концентрация (мг/л)	22.0	26.1	29.7	29.7	30.0	30.0
экстрагент водно-спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	0.65	0.70	0.71	0.75	0.80	0.80
Концентрация (мг/л)	9.1	10.0	11.2	11.6	18.6	20.0
5.Экстракт из боковых ветвей сорта «Дусти»						

Продолжение таблицы 4

	Соотношение сырья (г): экстрагент (л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
экстрагент	вода					
Оптическая плотность λ - 620 нм	0.14	0.18	0.20	0.22	0.25	0.28
Концентрация (мг/л)	10.2	15.4	18.5	20.1	22.3	24.5
экстрагент	водно-спиртовой раствор (40%)					
Оптическая плотность	0.23	0.25	0.28	0.34	0.38	0.42
Концентрация (мг/л)	23.1	25.3	28.4	29.1	30.2	32.1
Экстрагент	водно-спиртовой раствор (70%)					
Оптическая плотность	0.18	0.20	0.23	0.27	0.27	0.28
Концентрация (мг/л)	14.1	18.4	22.5	27.2	29.1	30.1

Таблица 5. Зависимость эффективности экстракции используемого раствора от соотношения сырья и экстрагента

1.Экстракт из коробочек хлопчатника сорта «Хисор»						
	Соотношение сырья (г): экстрагент (л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
экстрагент	вода					
Оптическая плотность λ - 620нм	1.25	1.30	1.45	1.40	1.32	1.30
Концентрация (мг/л)	32.1	30.4	28.2	25.6	22.1	20.2
экстрагент	водно-спиртовой раствор (40%)					
Оптическая плотность	1.15	1.18	1.25	1.28	1.22	1.20

Концентрация (мг/л)	32.1	35.2	38.4	28.3	25.3	21.5
экстрагент водно-спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	1.15	0.18	1.22	1.24	1.25	1.25
Концентрация (мг/л)	22.5	25.4	27.6	28.4	30.2	30.2
2.Экстракт из коробочек сорта «Мехргон»						
	Соотношение сырья (г): экстрагент(л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
экстрагент вода						
Оптическая плотность λ -620 нм	1.18	1.22	1.26	1.29	1.30	1.31
Концентрация (мг/л)	12.1	15.5	18.1	20.3	20.8	21.2
экстрагент водно спиртовой раствор (40%)						
Оптическая плотность	1.15	1.18	1.20	1.24	1.28	1.30
Концентрация (мг/л)	12.3	14.2	18.0	20.1	20.5	21.4
экстрагент водно-спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	0.20	0.30	0.35	0.40	0.50	0.54
Концентрация (мг/л)	5.6	8.8	10.5	12.8	15.6	17,8
3.Экстракт из коробочек сорта «Фаровон»						
	Соотношение сырья(г): экстрагент (л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
экстрагент вода						
Оптическая плотность λ -620 нм	0.34	0.38	0.45	0.48	0.52	0,58
Концентрация (мг/л)	14.3	16.4	18.6	20.1	22.4	22.8
экстрагент водно-спиртовой раствор (40%)						

Продолжение таблицы 5

Оптическая плотность	0.54	0.62	0.65	0.68	0.75	0.82
Концентрация (мг/л)	15.2	16.3	18.5	20.4	25.8	28.7
экстрагент водно-спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	0.45	0.48	0.50	0.52	0.50	0.51
Концентрация (мг/л)	14.5	18.2	20.1	20.5	23.6	24.1
4.Экстракт из коробочек сорта «Шарора»						
	Соотношение сырья(г): экстрагент(л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
экстрагент вода						
Оптическая плотность λ -620 нм	0.24	0.30	0.34	0.45	0.52	0.60
Концентрация (мг/л)	8.9	11.6	15.1	18.2	19.6	19.6
экстрагент водно-спиртовой раствор (40%)						
Оптическая плотность	0.48	0.52	0.64	0.85	0.85	0.85
Концентрация (мг/л)	24.1	25.3	26.8	29.7	30.0	30.0
экстрагент водно- спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	0.35	0.38	0.40	0.41	0.45	0.48
Концентрация (мг/л)	21.2	24.5	25.4	26.6	27.1	28.1
5.Экстракт из коробочек сорта «Дусти»						
	Соотношение сырья (г): экстрагент (л)					
	1:1	1:2	1:3	1:5	1:8	1:10
Вода						

Продолжение таблицы 5

Оптическая плотность λ - 620нм	0.10	0.18	0.20	0.24	0.30	0.34
Концентрация (мг/л)	13.1	15.3	18.1	20.6	24.4	26.5
экстрагент водно-спиртовой раствор (40%)						
Оптическая плотность	0.19	0.20	0.22	0.30	0.35	0.39
Концентрация (мг/л)	20.2	22.2	24.5	28.6	30.4	35.1
экстрагент водно-спиртовой раствор (70%)						
Оптическая плотность	0.20	0.21	0.23	0.25	0.25	0.27
Концентрация (мг/л)	16.1	18.1	20.1	22.1	26.1	26.1

Как видно, из таблиц 2-5, во всех вариантах экстракции происходит извлечение фенольных соединений из состава различных органов всех исследованных сортов хлопчатника. Однако наиболее эффективными экстрагентами оказались 40% - ный спиртовой раствор и вода. При сравнении экстрагентов превосходство варианта использования 40%-ной водно- спиртового раствора над вариантами, где растворитель вода для экстрактов из всех органов растений составляет от 13-15%. Если сравнивать распределение фенольных соединений по органам растений, то наблюдается следующая картина: у сортов «Хисор» и «Мехргон» наибольшая концентрация фенолов наблюдается в экстрактах, полученных из корней и стеблей, а у остальных сортов между органами существенная разница не наблюдается. По результатам представленных в таблице 2-5 трудно судить о каких-либо закономерностях качественного и количественного распределения фенольных соединений так как, встречаются много нюансов сортоспецифического характера. Несмотря на это данные результаты отчетливо показывают, что в качестве экстрагента для извлечения фенольных соединений состава хлопчатника целесообразно использовать водно - спиртовые

растворы 10-40%-ней концентрации, а эффективность процесса извлечения зависит от выбора оптимального соотношения сырья и экстрагента.

Для удобства прослеживания этого факта, результаты зависимости концентрации экстрактов от соотношения сырья и растворителя представлены в графической форме (рисунках 1-5).

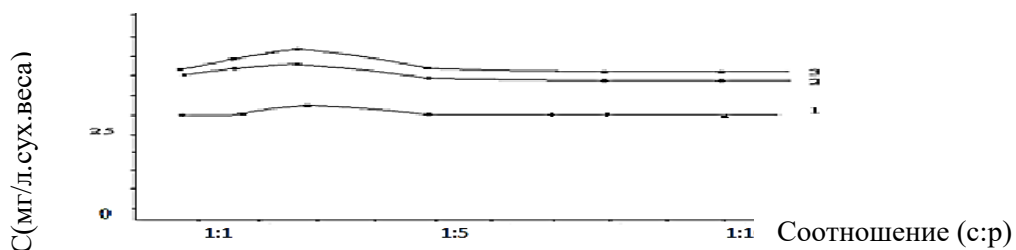


Рисунок 1. Зависимость концентрации экстрактов из корней сорта «Хисор» от соотношения сырья и растворителя; 1. Водный экстракт. 2. Водно-спиртовой раствор 40%-ный. 3. Водно-спиртовой раствор 70%-ный

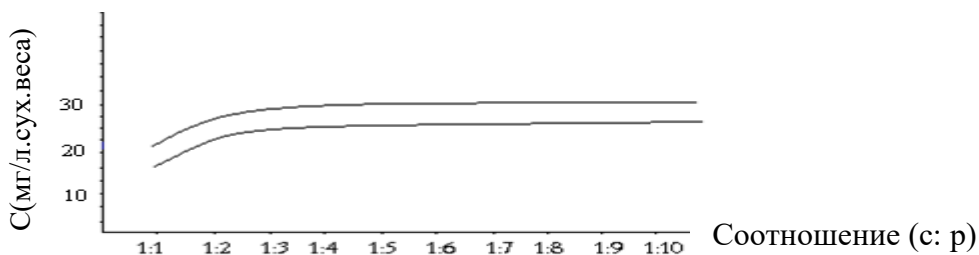


Рисунок 2. Зависимость концентрации спиртового экстракта из корней сорта «Мехргон» от соотношения сырья и растворителя; 1. Водный экстракт. 2. Водно - спиртовой 40% - ный экстракт

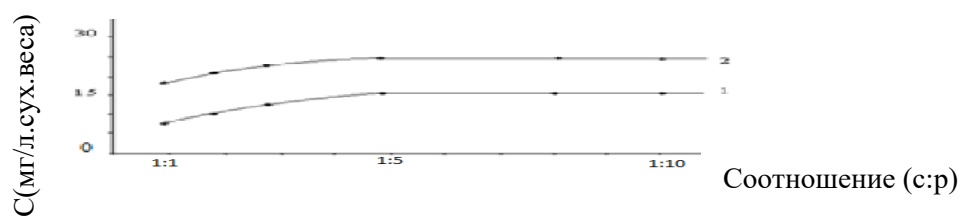


Рисунок 3. Зависимость концентрации экстрактов из корней сорта «Фаровон» от соотношения сырья и растворителя; 1. Водный экстракт. 2. Водно-спиртовой экстракт 40%-ный

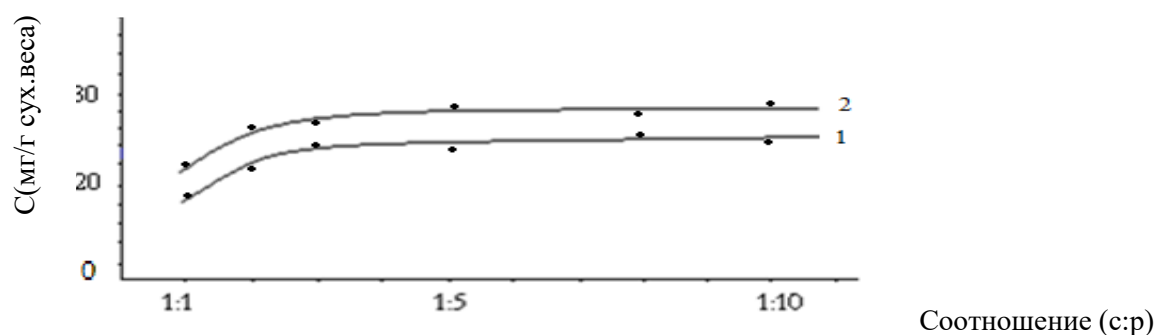


Рисунок 4. Зависимость концентрации экстрактов из корней сорта «Шарора» от соотношения сырья и растворителя; 1. Водный экстракт. 2. Водно-спиртовой экстракт 40%

Представленные результаты показывают, что при увеличении массы сырья и применяемого растворителя экспонсионально растет степень экстракции. Однако такая динамика увеличения количества экстрагируемого вещества продолжается до определенного предела. Начиная с соотношения 1:3-1:5, оно практически не меняется, и кривая зависимости выходит на плато. Такая динамика характерна как водным экстрактам, так и водно-спиртовым (рис 5).

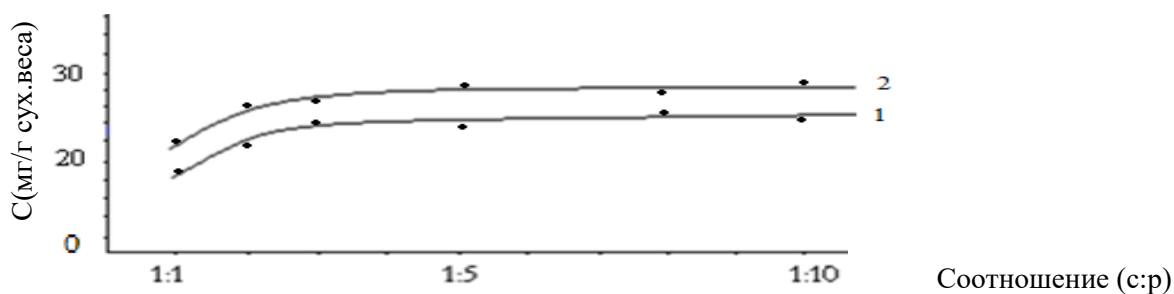


Рисунок 5. Зависимость концентрации экстрактов из корней сорта «Дусти» от соотношения сырья и растворителя; 1. Водный экстракт. 2. Водно-спиртовой экстракт 40%

Проводя экстракцию в интервале температур 20 - 100⁰С определили влияние температуры на интенсивность процесса экстракции компонентов относящихся фенольных соединений из анализируемого растительного сырья. Для этого экстракцию при оптимальном соотношении сырья и экстрагента проводили в течение 60 минут при температуре 20⁰С, 50⁰С, 80⁰С и при кипячении. Полноту извлечения фенольных соединений устанавливали по значению оптической плотности, так как этот показатель зависит от концентрации и по его величине можно судить о количестве извлеченного вещества. Полученные результаты этих экспериментальных анализов приведены в таблице 6 и на рисунках 6 -10.

Таблица 6. Зависимость степени экстракции от температуры из корней различных сортов хлопчатника

№	Экстракт	Значения оптической плотности при температуре			
		20 ⁰ С	50 ⁰ С	80 ⁰ С	100 ⁰ С
1	Водный экстракт из корней сорта «Хисор»	0,55	0,85	1,22	1,50
	Концентрация, мг\ л	16.3	25.2	36.2	44.5
	Водно-спиртовой (40%) экстракт из корней сорта «	0,70	1,00	1,40	1,65

Продолжение таблицы 6

2	Хисор»				
	Концентрация, мг\ л	20.8	29.7	41.6	49.0
3	Водно-спиртовой (70%) экстракт из корней сорта «Хисор»	0,40	0,70	1,00	1,40
	Концентрация, мг\л	11.8	20.8	29.7	41.6
4	Водный экстракт из корней сорта «Мехргон»	0,1	0,25	0,28	0,30
	Концентрация мг/л	5.8	10.8	15.6	20.2
5	Водно-спиртовой (40%) экстракт из корней сорта «Мехргон»	0,34	0,58	0,60	1,35
	Концентрация мг/л	10.8	16.5	20.1	25.1
6	Водно-спиртовой (70%) экстракт из корней сорта «Мехргон»	0,2	0,32	0,45	0,56
	Концентрация, мг\ л	5.9	9.5	13.3	16.6
7	Водный экстракт из корней сорта «Фаровон»	0,2	0,45	0,70	0,87
	Концентрация, мг\ л	5.9	13.3	20.8	25.8
8	Водно-спиртовой (40%) экстракт из корней сорта «Фаровон»	0,1	0,20	0,25	0,30
	Концентрация мг/л	2.5	8.5	10.2	15.6
9	Водно- спиртовой (70%) экстракт из корней сорта «Фаровон»	0,2	0,20	0,28	0,30
	Концентрация мг/л	4.5	6.2	9.4	12.2

Продолжение таблицы 6

10	Водный экстракт из корней сорта «Шарора»	0,5	0,67	0,82	0,95
	Концентрация, мг\ л	14.8	19.9	24.3	28.2
11	Водно-спиртовой (40%) экстракт из корней сорта «Шарора»	0,4	0,54	0,61	0,70
	Концентрация мг/л	10.5	16.3	20.4	25.1
12	Водно-спиртовой (70%) экстракт из корней сорта «Шарора»	0,3	0,28	0,36	0,54
	Концентрация мг/л	9.7	10.8	12.5	30.0
13	Водный экстракт из корней сорта «Дусти»	0,15	0,41	0,60	0,70
	Концентрация, мг\ л	4.45	12.1	17.8	20.8
14	Водно-спиртовой (40%) экстракт из корней сорта «Дусти»	0,37	0,63	0,88	0,90
	Концентрация, мг\ л	11.0	18.7	26.1	26.7
15	Водно-спиртовой (70%) экстракт из корней сорта «Дусти»	0,25	0,38	0,49	0,56
	Концентрация мг/л	8.05	14.3	20.6	25.7

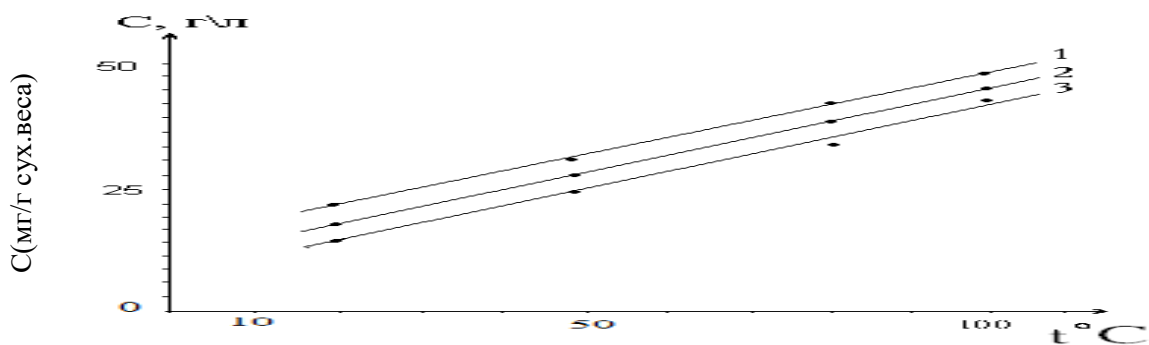


Рисунок 6. Зависимость эффективности экстракции (концентрация экстрактов) от температуры; 1. Водно-спиртовой экстракт 40% -ный. 2. Водный экстракт. 3. Водно - спиртовой 70%-ный экстракт из корней сорта «Хисор».

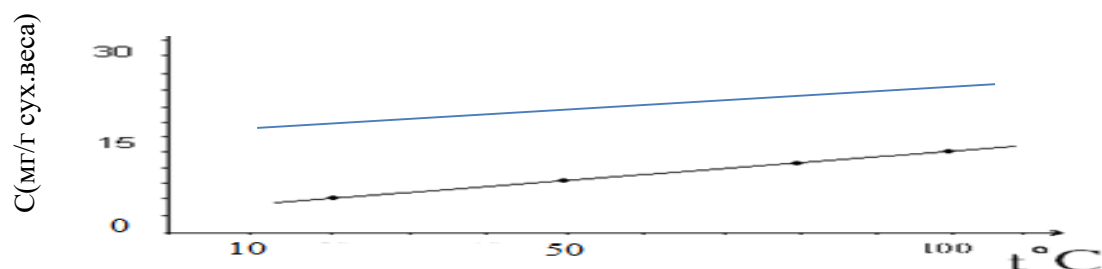


Рисунок 7. Зависимость эффективности экстракции (концентрация экстрактов) от температуры; 1. Водно - спиртовой 40 % - ный 2. Водный экстракт из корней сорта «Мехргон».

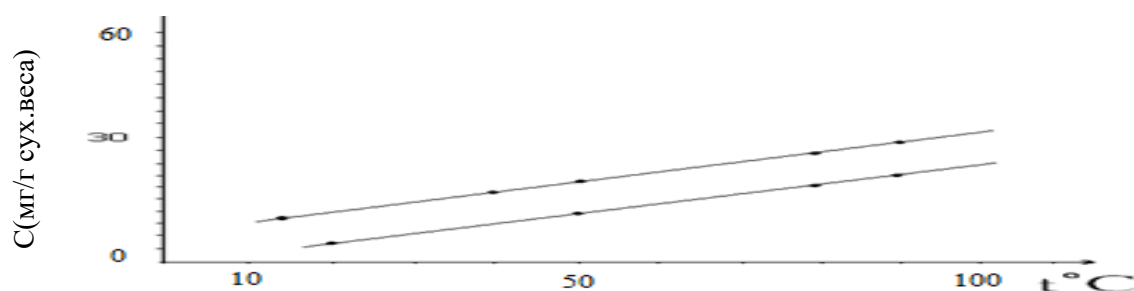


Рисунок 8. Зависимость эффективности экстракции (концентрация экстрактов) от температуры; 1. Водный экстракт. 2. Водно-спиртовой 40%-ный экстракт из корней сорта «Фаровон».

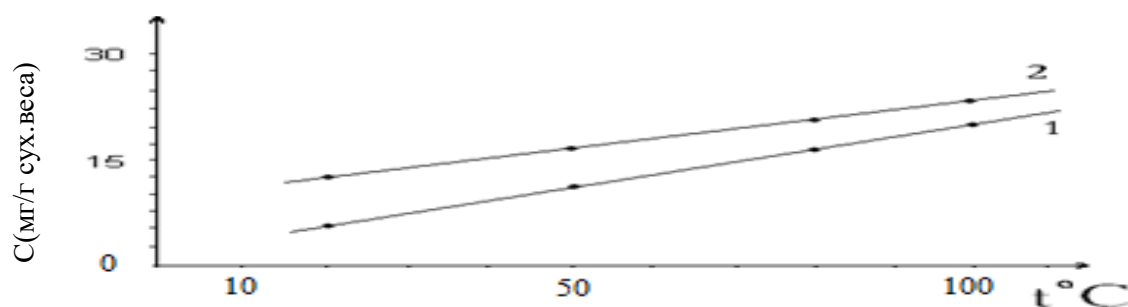


Рисунок 9. Зависимость эффективности экстракции (концентрация экстрактов) от температуры; 1. Водно-спиртовой 40%-ный экстракт. 2. Водный экстракт из корней сорта «Шарора».

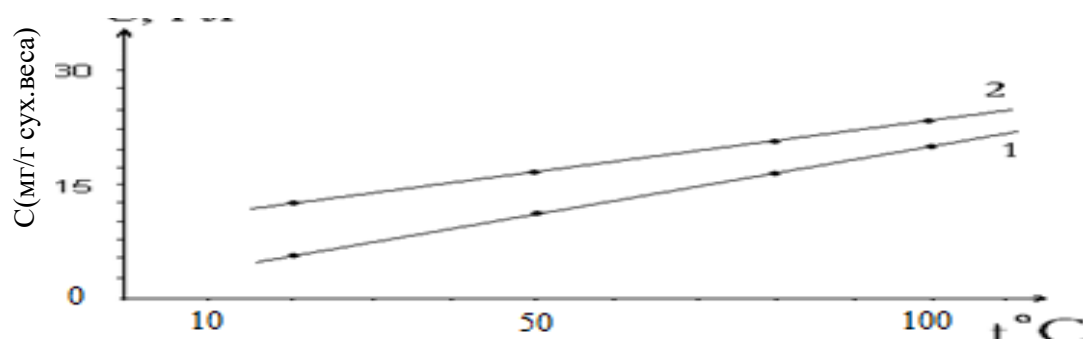


Рисунок 10. Зависимость эффективности экстракции (концентрация экстрактов) от температуры 1. Водно-спиртовой 40%-ный экстракт. 2. Водный экстракт из корней сорта «Дусти».

Из результатов, представленных в таблице 6 и рис.6 -10 отчетливо видно, что с увеличением теплоты увеличивается степень растворения фенольных веществ. Кривые зависимости степени возрастания концентрации от температуры у всех экстрактов независимо от использованного экстрагента имеют плавно нарастающую динамику. При увеличении температуры от 50 до 80°C концентрация экстрактов возрастает на 20 - 50% степень экстракции зависит не только от использованного экстрагента, но также от генотипа исследованных сортов хлопчатника. Результаты, приведенные в таблице 6 и рис.6-10 также показывают, что не зависимо от форм растений и варианта экстракции, фенольные соединения наиболее полно извлекаются при кипячении.

В связи с этим в целях получения достоверных результатов, нам было интересно найти оптимальный срок продолжительности процедуры кипячения экстрактов. В этих целях процедура кипячения экстрактов проводилась от 20 до 100 минут. Смесь сырья и экстрагента в оптимальном соотношении 1:9 кипятили в колбе с обратным холодильником в течение выше указанного времени. Через каждый 10 минут брали пробы для измерения оптической плотности экстрактов. Результаты приведены в таблице 7.

Таблица 7. Зависимость концентрации экстрактов из корней различных форм хлопчатника от времени кипячения

Сорт «Хисор»	Время кипячения, мин	20	30	40	50	60	80	90	100
Водный	Оптическая плотность	1.10	1.28	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
	Конц. мг/л	32.7	38.05	41.62	41.62	41.62	41.62	41.62	41.62
Водно- спиртовой 40%	Оптическая плотность	1.30	1.45	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.0
	Конц. мг/л	38.64	43.10	44.59	44.59	44.59	44.59	44.59	44.59
Водно- спиртовой 70%	Оптическая плотность	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.45	1.50	1.50
	Конц. мг/л	23.7	26.7	29.7	32.7	35.6	43.1	44.59	44.59
Сорт «Мехргон»	Время кипячения, мин	20	30	40	50	60	80	90	100
Водный	Оптическая плотность	1.08	1.10	1.28	1.30	1.30	1.32	1.35	1.35
	Конц. мг/л	20.0	24.1	26.1	28.4	30.1	35.4	40.1	40.2
Водно- спиртовой 40%	Оптическая плотность	1.02	1.08	1.10	1.15	1.25	1.30	1.36	1.36
	Конц. мг/л	15.1	18.4	20.5	22.6	28.3	30.4	30.5	30.5

Продолжение таблицы 7

Водно-спиртовой 70%	Оптическая плотность	0.40	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	Конц. мг/л	11.89	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8
Сорт «Фаровон»	Время кипячения, мин	20	30	40	60	90	120	180	240
Водный	Оптическая плотность	0.25	0.28	0,40	0,50	0.76	0.87	0,87	0.87
	Конц. мг/л	7.4	8.32	11.8	14.8	22.5	25.8	25.8	25.8
Водно-спиртовой 40%	Оптическая плотность	0.62	0.66	0.75	0.88	0.88	0.88	0.88	0.87
	Конц. мг/л	18.4	19.6	22.2	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1
Водно-спиртовой	Оптическая плотность	0.50	0.53	0.58	0.60	0.65	0.65	0.65	0.68
70%	Конц.мг/л	14.2	16.7	18.1	20.1	22.4	25.2	25.2	26.3
Сорт «Шарора»	Время кипячения, мин	20	30	40	60	90	120	180	240
Водный	Оптическая плотность	0.22	0.30	0.32	0.43	0.56	0.63	0.63	0.63
	Конц. мг/л	6.5	8.9	9.5	12.7	16.6	18.7	18.7	18.7
Водно-спиртовой 40%	Оптическая плотность	0.20	0.23	0.26	0.30	0.36	0.38	0.40	0.42
	Конц.мг/л	5.8	7.3	9.4	11.6	14.3	16.8	16.8	18.2
Водно-спиртовой 70%	Оптическая плотность	0.55	0.67	0.75	0.87	0.87	0.87	0.87	0.88
	Конц. мг/л	16.3	19.9	22.2	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8

Продолжение таблицы 7

Сорт «Дусти»	Время кипячения, мин	20	30	40	60	90	120	180	240
Водный	Оптическая плотность	0.12	0.18	0.23	0.25	0.32	0.35	0.36	0.42
	Конц. мг/л	4.5	5.8	7.3	8.5	10.2	13.5	15.4	18.5
Водно- спиртовой 40%	Оптическая плотность	0.23	0.26	0.34	0.38	0.42	0.45	0.48	0.52
	Конц. мг/л	12.1	15.3	16.1	18.4	20.4	22.1	24.5	25.3
Водно- спиртовой 70%	Оптическая плотность	0.20	0.22	0.24	0.28	0.30	0.32	0.35	0.38
	Конц.мг/л	10.1	12.4	14.3	16.5	18.6	20.1	22.3	24.3

Данные таблицы 7 показывают, что для водных и водно-спиртовых экстрактов корней сорта «Хисор», наибольшая оптическая плотность достигается уже при экспозиции 40 - минутного кипячения, и далее до 100 минут сохраняется постоянной. Однако для оптимального извлечения фенолов спиртового экстракта необходимо более продолжительное время, ибо максимум оптической плотности достигается лишь при кипячении до 90 минут. Для экстрактов из корней сорта «Мехргон» получается обратная картина: наибольшая оптическая плотность водного и водно - спиртового экстрактов достигается при 90 минутном кипячении, а для спиртового экстракта максимум достигается уже после 30 минут. У сортов «Фаровон» и «Шарора» данный показатель (табл.7) имеет одинаковые значения, и оптимальное извлечение фенолов состава водных экстрактов наступает только при 120 - минутном кипячении, а для спиртовых экстрактов несколько раньше уже при 60 минут. Для сорта «Дусти» оптическая плотность как водных, так и спиртовых экстрактов достигают максимального значения лишь при 240 минутной процедуре кипячения.

3.3. Качественный состав фенольных соединений растений хлопчатника

В предыдущих главах отмечалось, что до начала наших исследований о количественном содержании фенольных соединений хлопчатника, их компонентного состава и распределение по различным органам растения, практически отсутствовали сведения.

Поэтому изучение и идентификация состава фенольных соединений, и их химическое содержание, распределение по различным органам, а также накопление в зависимости от онтогенетической фазы развития растения является весьма актуальным, так как позволит выявить метаболические механизмы биосинтеза фенольных соединений с целью решения ряда практических задач, связанных с выяснением их роли в реализации биохимической адаптации культивируемых растений к условиям окружающей среды. Качественный и количественный анализ и идентификация содержания фенольных соединений в изучаемых объектах и их химический состав определены нами по известным биохимическим методикам, приведенным во второй главе.

3.3.1. Качественные реакции фенольных соединений хлопчатника

Качественными реакциями определено, что фенольные компоненты содержатся в корнях, стеблях, также их малое количество содержится в боковых ветвях и коробочках хлопчатника. Однако разные сорта растения хлопчатника, а также их различные органы (листья, стебли, боковые ветви, корни, и коробочки) содержат природные фенольные соединения различных классов. Исследование органолептических и качественных реакций экстрактов, полученных из различных органов исследуемых растений показало следующее. Экстракт из коробочек растения хлопчатника имеет темно-желтый цвет. Согласно литературным источникам, такая окраска свидетельствует о присутствии фенольных соединений относящихся к классу флавонов, флавононов и флавонолов, а также халконов в составе исследуемого экстракта. При добавлении к экстракту раствора серной кислоты появилась устойчивая желтая окраска, не исчезающая и не меняющаяся при нагревании. Появление данной окраски при

проведении этой реакции подтверждает наличие флавонолов в исследуемом экстракте.

Положительная специфическая реакция с железоммонийными квасцами и FeCl_3 свидетельствует на присутствие в экстрактах из коробочек всех исследованных форм растений, конденсированных и гидролизующихся дубильных веществ.

По однотипному темно-желтому цвету экстрактов из листьев всех изученных нами сортов хлопчатника можно предполагать о возможном присутствии в этом вегетативном органе хлопчатника некоторых фенольных соединений относящихся к флавонов, флавононов и флавонолов, а также халконов. Здесь следует отметить, что при добавлении к экстракту раствора аммиака или спиртового раствора NaOH окраска исследуемого раствора становилось ярко-желтым, о чем свидетельствует присутствию в экстрактах указанных фенольных соединений. Реакция М. Н. Запрометова позволяет сделать вывод о наличии флавонолов. Присутствие в экстракте конденсированных и гидролизующихся дубильных веществ устанавливалось качественной реакцией с применением железоммонийными квасцами и водным раствором хлоридом железа. Таким образом, на основании проведенных качественных реакций специфичных к тем или иным группам фенольных соединений, мы можем с уверенностью, говорить о том, что фенолы содержатся во всех органах растений хлопчатника. Для более уверенного и достоверного утверждения этих фактов следующим этапом нашей работы были спектрофотометрические исследования.

3.3.2. Результаты спектрофотометрических исследований

В целях подтверждения результатов качественных реакций показывающих наличия фенолов во всех органах хлопчатника, нами были сняты УФ-спектры всех исследуемых экстрактов. На рисунке 11 представлен УФ-спектр водного экстракта, полученный из листьев хлопчатника сорта «Хисор».

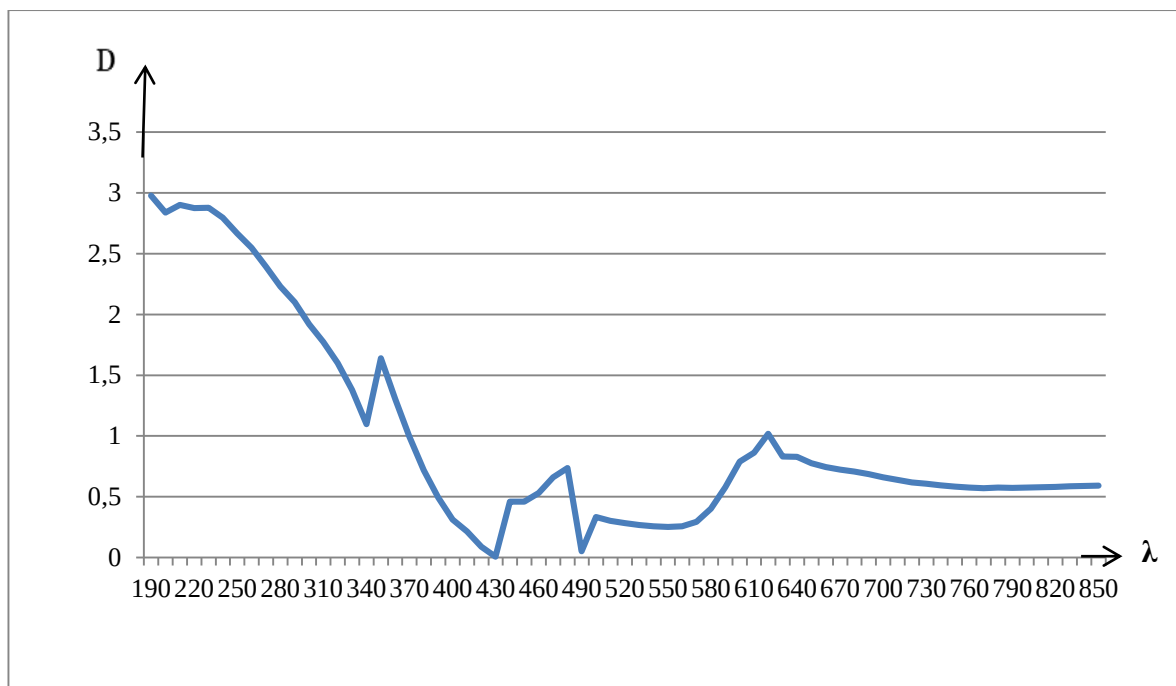


Рисунок 11. УФ-спектр водного экстракта листьев хлопчатника сорта «Хисор»

Как видно из результатов анализа приведенного на рисунке 11 в УФ-спектре присутствуют полосы поглощения при 190, 220-250, 375, 430, 480, 610 нм. Максимумы поглощения при 190 и 220 нм подтверждает присутствии полифенолов можно отнести к дубильным веществам [43,62], полоса поглощения при 220 и 375 нм указывают на присутствие флавонолов. Что касается наличия интенсивной полосы поглощения при 430 нм, согласно литературным данным [43,62], это указывает на наличие халконов.

Как отмечалось под главой 3.3.1. в стеблях всех исследованных форм растений хлопчатника качественными реакциями обнаружены флавоноиды (халконы, катехины и дубильные вещества) и фенолокислоты. Также было показано наличие конденсированных дубильных веществ. Однако, необходимо отметить, что экстракты из стеблей сорта Хисор всегда имели относительно бледно-желтую окраску. Это свидетельствует о незначительном содержании фенольных соединений в стеблях данного сорта.

УФ-спектр экстракта из стеблей хлопчатника сорта «Хисор» представлен на рисунок 12. Как видно из данного рисунка в УФ - спектре имеется максимум поглощения при 200 нм, которая характерна для полифенольных соединений

полоса поглощения при 220 нм относятся к фенолокислотам и флавонолам, полоса поглощения при 340 к флавонолам. Халконы идентифицированы при длине волны 420нм можно отнести к халконам. Эти результаты спектрофотометрии указывают на то, что в стеблях хлопчатника сорта «Хисор» отсутствуют фенольные соединения, относящиеся к ауринам, флавонам и флавононам.

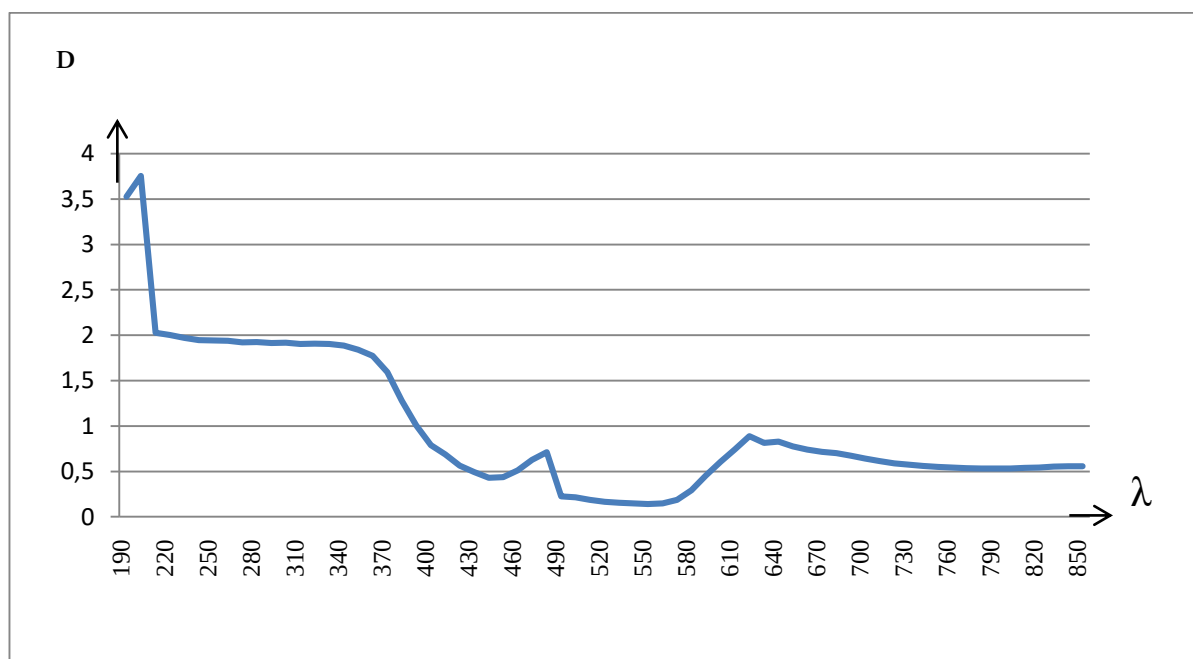


Рисунок 12. УФ - спектр водного экстракта из стеблей хлопчатника сорта «Хисор»

Проведением качественных реакций с экстрактом из корней хлопчатника сорта «Хисор» было показано, что он в реакциях с раствором хлорида алюминия и щелочами образует желтую окраску. Проба с хлоридом железа и железоаммонийными квасцами не показывали наличия дубильных веществ и фенолокислот в составе данного экстракта.

УФ-спектр экстракта полученный из корней хлопчатника сорта «Хисор» представлено на рисунке 13. Как видно из данного рисунка в данном УФ-спектре обнаружены полосы поглощения при 190, «плечо» при 280-310 нм (флавоны и флавонолы), интенсивная полоса при 420 нм (халконы), полосы поглощения при 650, 690 и 899 нм. Полосы поглощения, характерные для дубильных веществ и

фенолокислот отсутствуют. Эти данные говорят о том, что в экстракте корней сорта «Хисор», указанные фенольные соединения отсутствуют.

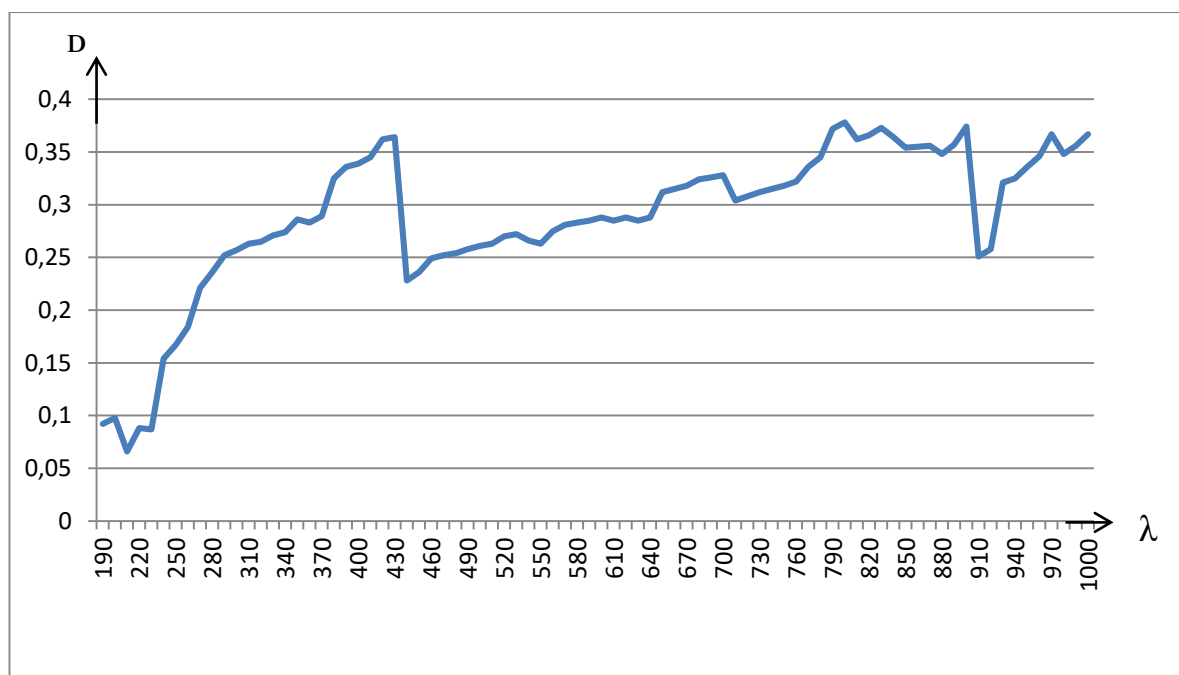


Рисунок 13. УФ-спектр водного экстракта из корней хлопчатника сорта «Хисор»

Отсутствия этих полос поглощения, подтверждающие отсутствие данных фенольных соединений, полностью совпадает с вышеуказанными результатами качественных реакций. Полосы поглощения, имеющиеся в спектре, указывают на наличие флавонолов (320 нм), халконов (420 нм) и возможно антрацен производных (650 нм).

Качественными реакциями с экстрактом из листьев хлопчатника сорта «Фаровон» было показано присутствие флавонолов, флавонов, флаванонов, дубильных веществ, пирокатехиновой природы и катехинов. Результаты спектрофотометрии экстракта листьев данного сорта представлены на рисунке 14. Как видно из данного рисунка в Уф-спектре экстракта наблюдается полоса интенсивное поглощения при длине волны 190 нм, плечо при 200-260 нм, полоса поглощения при 280 нм, интенсивная полоса поглощения при 350 нм, полоса поглощения средней интенсивности при 420 нм, средней интенсивности при 480 нм, а также полосы поглощения при 610 нм (сильная) и слабые полосы поглощения при 640, 660 и 710 нм.

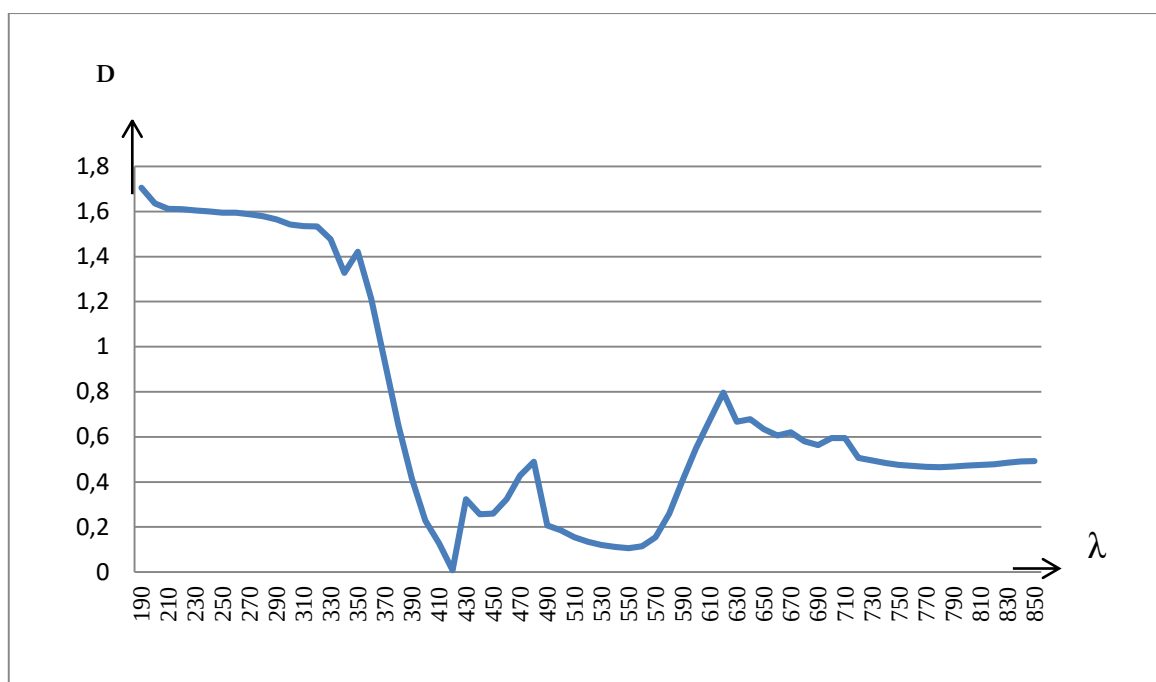


Рисунок 14. УФ-спектр водного экстракта из листьев хлопчатника сорта «Фаровон»

Качественный анализ на фенольные соединения с растворами аммиака и гидроксида натрия, установил, что в экстракте из стебля хлопчатника сорта «Фаровон» содержатся флавонолы, флавоны, флавононы. Появлением красного цвета раствора при взаимодействии с порошком цинка в присутствии концентрированной соляной кислоты также подтверждено наличие в экстракте флавонов. О наличии в экстракте флавонов и флавонолов указывает, окрашивание раствора красновато-желтым цветом при добавлении серной кислоты.

Появление мутной белой окраски при взаимодействии водного раствора желатина и красного цвета раствора, появляющегося при добавлении ванилина, свидетельствуют о содержании в исследуемом экстракте катехинов.

Необходимо отметить, что нами также качественной реакцией с железоммонийными квасцами было показано содержание дубильных веществ и фенолокислот в экстрактах из стеблей данного сорта.

Результаты спектроскопии водного экстракта из стеблей сорта «Фаровон» представлены на рисунке 15.

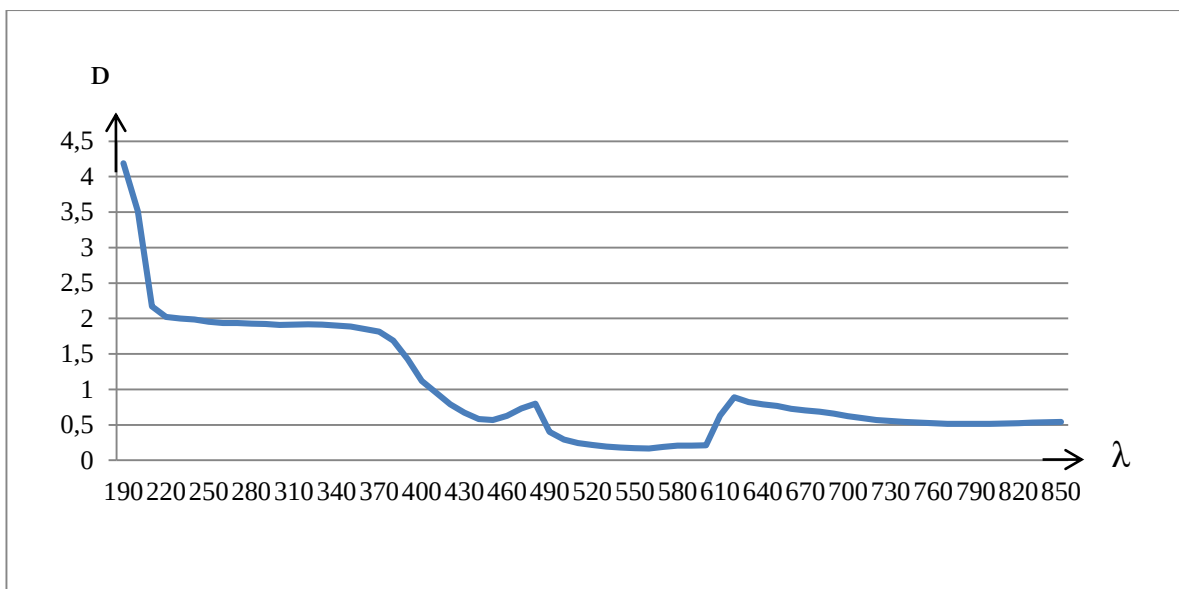


Рисунок 15. - УФ-спектр водного экстракта из стеблей хлопчатника сорта «Фаровон»

Как видно из данного рисунка в спектре наблюдается относительно интенсивная полоса поглощения при длине волны 200нм фенольные содержащий карбоксильных групп, «плечо» при 220-360нм полифенольные соединения и флавонолы, полоса поглощения слабой интенсивности при 480 нм, и полоса поглощения при 630нм.

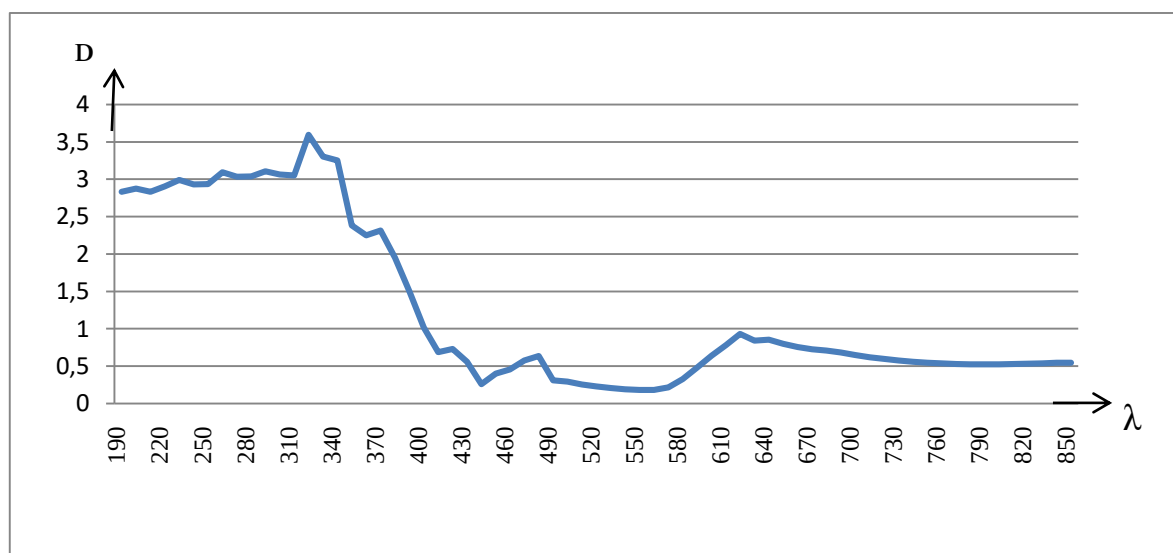


Рисунок 16. - УФ-спектр водного экстракта из корней хлопчатника сорта «Фаровон»

Результаты экспериментального исследования исследуемых экстрактов показали, что в УФ-спектре экстракта из корней хлопчатника сорта «Фаровон»

(рисунок 16) имеются полосы поглощения при 320нм, слабые полосы поглощения при 220, 360, 380 и 430нм и несколько более интенсивные полосы при 490 и 620нм. Эти полосы согласно литературным источникам [43, 62] можно отнести к флавонолам, флавонам и халконам. Данный вывод подтверждается также результатами качественных реакций, проведенных с пробами этого экстракта.

На рисунках 17 - 19 представлены УФ-спектры водных экстрактов из листьев, стеблей и корней сорта «Мехргон».

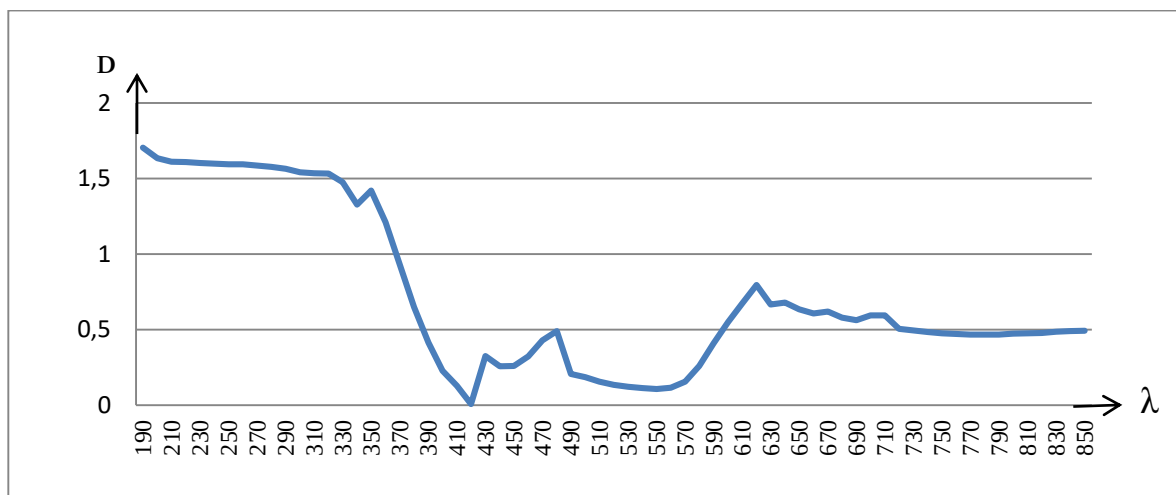


Рисунок 17. УФ – спектр водного экстракта из листьев хлопчатника сорта «Мехргон»

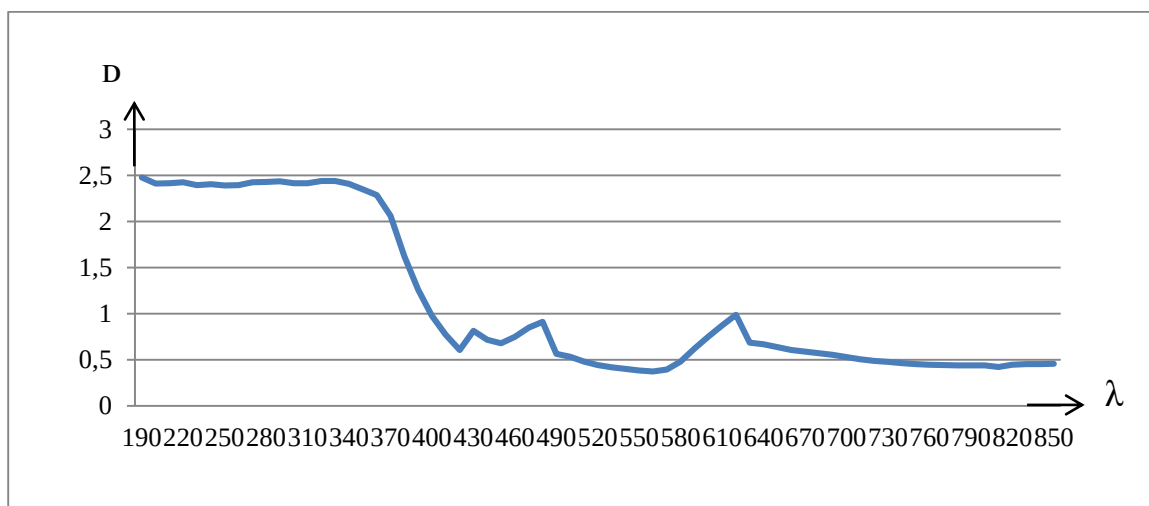


Рисунок 18. УФ-спектр водного экстракта из стеблей хлопчатника сорта «Мехргон»

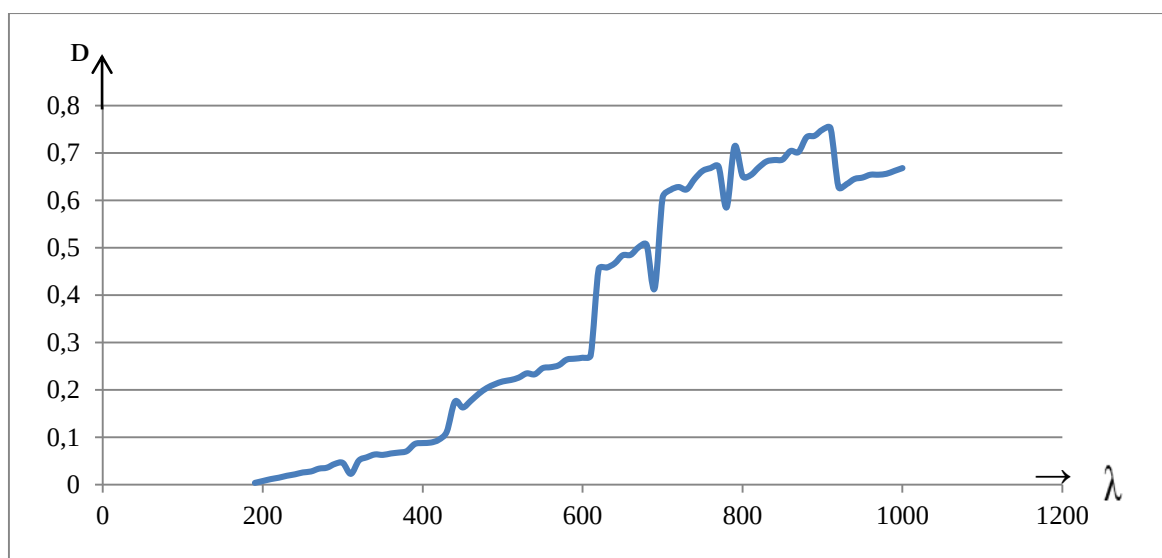


Рисунок 19. УФ-спектр водного экстракта из корней хлопчатника сорта «Мехргон»

Результаты представление на данных рисунках показывают, что в УФ-спектрах экстрактов имеются такие же полосы поглощения как в экстрактах этих же органов растений предыдущих сортов «Хисор» и «Шарора». Однако, наиболее выраженная полоса в спектре водных экстрактов из корней в интервале длины волны 600-900нм (рис.19), возможно показывает количественное преимущество халконов в корнях данного сорта хлопчатника.

На основании сопоставления результатов УФ-спектроскопии водных экстрактов и результатов их качественного анализа можно заключить, что компонентный состав фенольных соединений хлопчатника сортов «Хисор», «Шарора» и «Мехргон», извлеченных при использовании воды в качестве экстрагента, существенных различий не имеют. В листьях растений указанных сортов содержатся флавонолы, флавоны и флаваноны, дубильные вещества пирокатехиновой природы, катехины.

В стеблях растений обнаружены дубильные вещества, флавонолы, фенолокислоты. Однако судя по интенсивности полос поглощения, содержание указанных фенольных соединений в стеблях хлопчатника невелико по сравнению с листьями. Необходимо отметить, что согласно результатам исследований водных экстрактов с использованием специфических качественных реакций, а

также спектрофотометрии в корнях хлопчатника дубильные вещества и фенолокислоты не обнаружены.

Результаты спектрофотометрических исследований водных экстрактов из листьев, стеблей и корней сорта «Дусти» показало, что данный сорт по химическому составу фенольных соединений отличается от других исследованных форм хлопчатника. Эти различия наглядно видны из представленных ниже УФ-спектров водных экстрактов указанного сорта (на рисунках 20-22).

Как видно из рисунки 20, УФ-спектр экстракта из листьев хлопчатника сорта «Дусти» содержит сильные полосы поглощения при 200, 260, 280, 380, 620нм, более слабые полосы поглощения средней интенсивности при 270, 480нм. Здесь следует отметить, что согласно литературным данным полосу поглощения при 260 и 280нм можно отнести к фенолокислотам [133], 200нм, 280нм и 380 – дубильным веществам и флавонолам, полосу поглощения при 480нм - к халконам [43,62]. С учетом данных УФ-спектра, подтвержденных результатами качественных реакций можно считать, что в листьях хлопчатника сорта «Дусти» преобладают фенолокислоты и флавоноиды, а именно дубильные вещества и катехины, а также в меньшем количестве флавонолы и халконы.

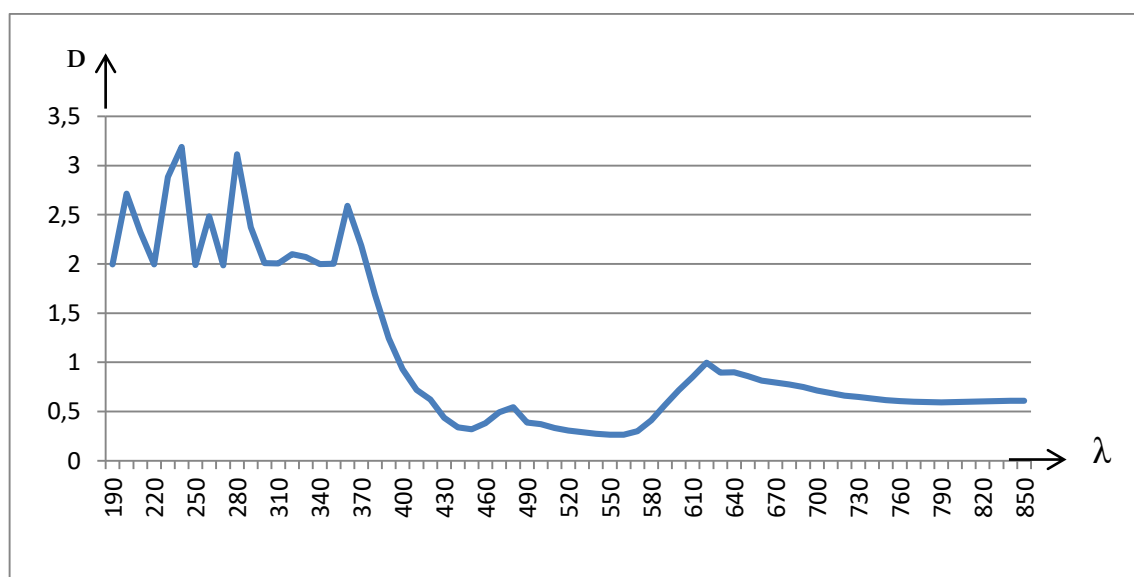


Рисунок 20. УФ-спектр водного экстракта из листьев хлопчатника сорта «Дусти»

Качественный анализ, проведенный с экстрактом из стеблей хлопчатника сорта «Дусти» показал, что при добавлении к экстракту водного раствора аммиака и спиртового раствора NaOH приготовленного в этаноле, появляется ярко-желтое окрашивание; при добавлении раствора железоаммонийных квасцов экстракт окрашивается в черно-зеленый цвет; при добавлении хлорида железа экстракт приобретает зеленую окраску. Эти результаты доказывают присутствие в экстракте дубильных веществ, флавонолов, флавонов, фенолпропаноидов и лейкоантоцианидинов. Это подтверждается результатами спектрофотометрических исследований экстрактов из стеблей данного сорта, представленные на рисунке 21. Как видно из рисунка наблюдаются определенно выраженные полосы поглощения при длине волны 190нм, 240нм, 290нм, уступ при 320нм, 480нм, 620нм. Эти полосы поглощения с уверенностью можно отнести к дубильным веществам, полосу при 190нм флавонам, 240нм, 320нм к флавонолам, 240нм, 290нм, 320нм к розмариновой кислоте.

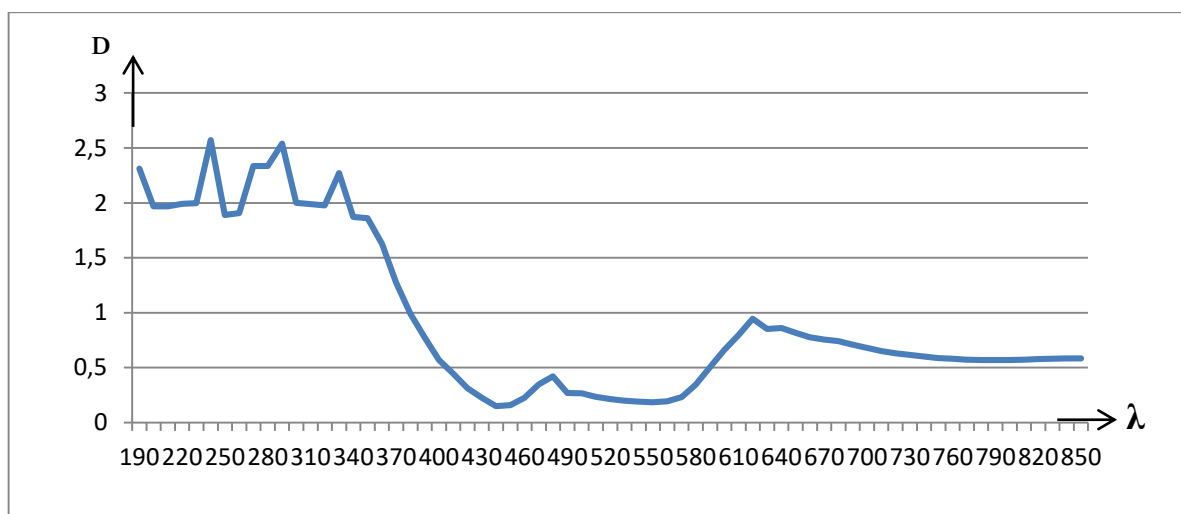


Рисунок 21. УФ-спектр водного экстракта из стеблей хлопчатника сорта «Дусти»

Важно отметить, что экстракты из корней хлопчатника сорта «Дусти» всегда имели бледно-желтый цвет. Результаты качественных реакций свидетельствует о том, что в данном экстракте присутствуют флавоноиды (флавоны, флавонолы, дубильные вещества и катехины) и фенолпропаноиды (коричная кислота и её производные). Так, для флавонов и флавонолов характерно окрашивание раствора в ярко-желтый цвет при добавлении щелочей, а также при добавлении к раствору

соляной кислоты. О наличии фенопропаноидов говорит желто-зеленое окрашивание при действии на раствор хлорида железа [147]. Содержание катехинов доказывается качественными реакциями с ванилином (появление красной окраски раствора) и желатином (образование белой мутной окраски при добавлении к раствору желатина), дубильных веществ – образованием черно-зеленого осадка при добавлении железоаммонийных квасцов.

Результаты спектрофотометрии экстракта корней хлопчатника сорта «Дусти», представлены на рисунке 22. Из рисунка видно, что данный УФ- спектр содержит полосы поглощения при 210нм, широкую полосу поглощения при 280-360нм, полосу поглощения при длине 480 и 620нм. Согласно литературным данным [43,62] определено, что полоса поглощения обнаруженная при 210нм относится к дубильным веществам. Наличие фенолпропаноидов и флавноидов (флавонолов и флавонов) подтверждается имеющейся в спектре широкой полосой при 280-360нм, которая представляет собой наложение полос поглощения, соответствующих указанным группам фенольных соединений.

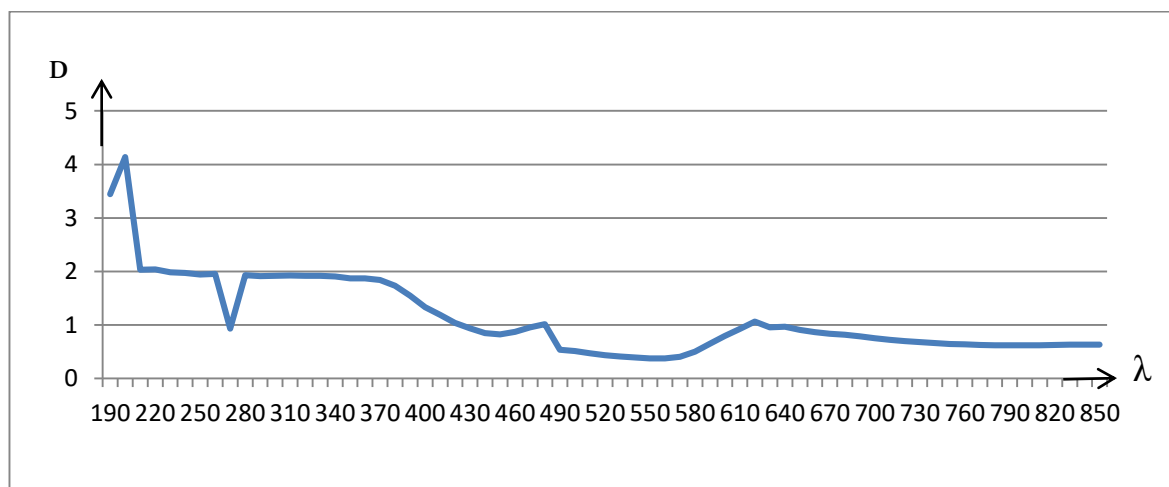


Рисунок 22. УФ-спектр водного экстракта из корней хлопчатника сорта «Дусти»

В связи с тем, что результаты качественных реакций и УФ-спектров водных экстрактов из листьев, стеблей и корней хлопчатника сорта «Дусти» и Шарора были почти единичными, то мы ограничивались обсуждением только одного из этих сортов. Сравнение УФ-спектров водных экстрактов показывает, что компонентный состав фенольных соединений в корнях этих двух сортов

существенных различий не имеют. Таким образом, на основании анализа данных спектрофотометрии (УФ-спектров) и результатов качественных реакций можно утверждать, что в корнях сортов «Фаровон», «Шарора» и «Дусти» содержатся водорастворимые флавонолы и халконы.

Как отмечалось в главе 3.2. для подбора оптимальных условий экстракции фенольных соединений в качестве экстрагента были использованы наряду с водой также водно-спиртовые растворы разной концентрации. В связи с этим были изучены УФ- спектры экстрактов листьев, стеблей и корней исследуемых сортов хлопчатника, полученных с использованием 40 и 70%-ными водно-спиртовыми растворами и 96% этиловым спиртом. Сравнение результатов качественного анализа и УФ-спектров водных и спиртовых экстрактов показало, что в зависимости от экстрагента компонентный состав извлечений различается. Ниже в качестве примера представлены УФ-спектры водно-спиртовых экстрактов из корней некоторых сортов хлопчатника (на рисунках 23-27). УФ- спектр спиртового экстракта из корней хлопчатника сорта «Хисор», полученный экстракцией 40%-ним спиртовым раствором, представлено на рисунке 23. Как видно из этого рисунка УФ-спектр имеет полосы поглощения при длине волны 200 и 250нм, что соответствует спектру поглощения характерная дубильным веществам. Анализ хода кривого спектра поглощения экстракта, полученного экстрагированием 40%-ным спиртовым раствором (рис.23) отчетливо показывает, что при таком варианте экстрагирования извлекаются в основном дубильные вещества и небольшое количество халконов (слабая полоса поглощения при 460 нм, но не флавонолы, флавоны и другие группы флавоноидов.

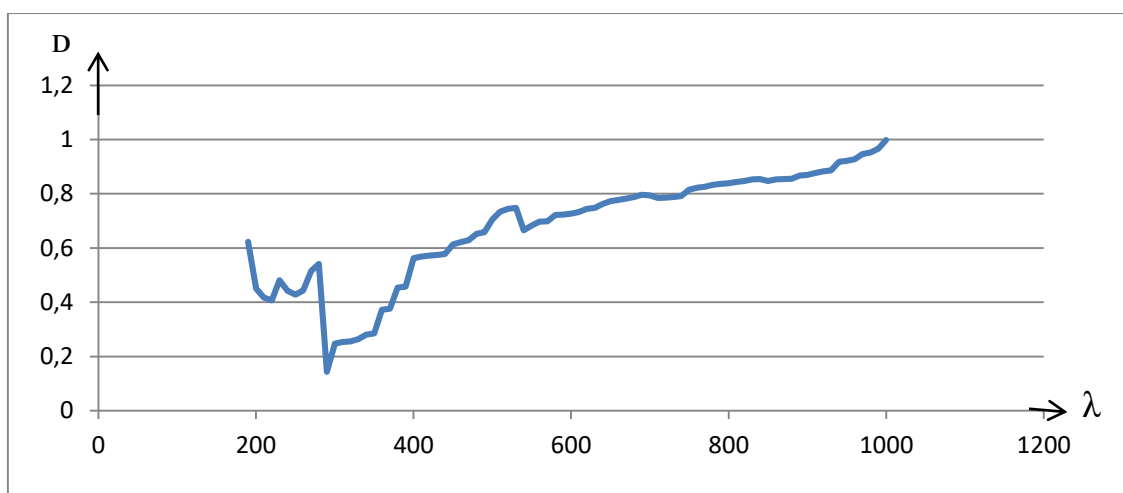


Рисунок 23. УФ-спектр 40% -ного водного спиртового экстракта корней хлопчатника сорта «Хисор»

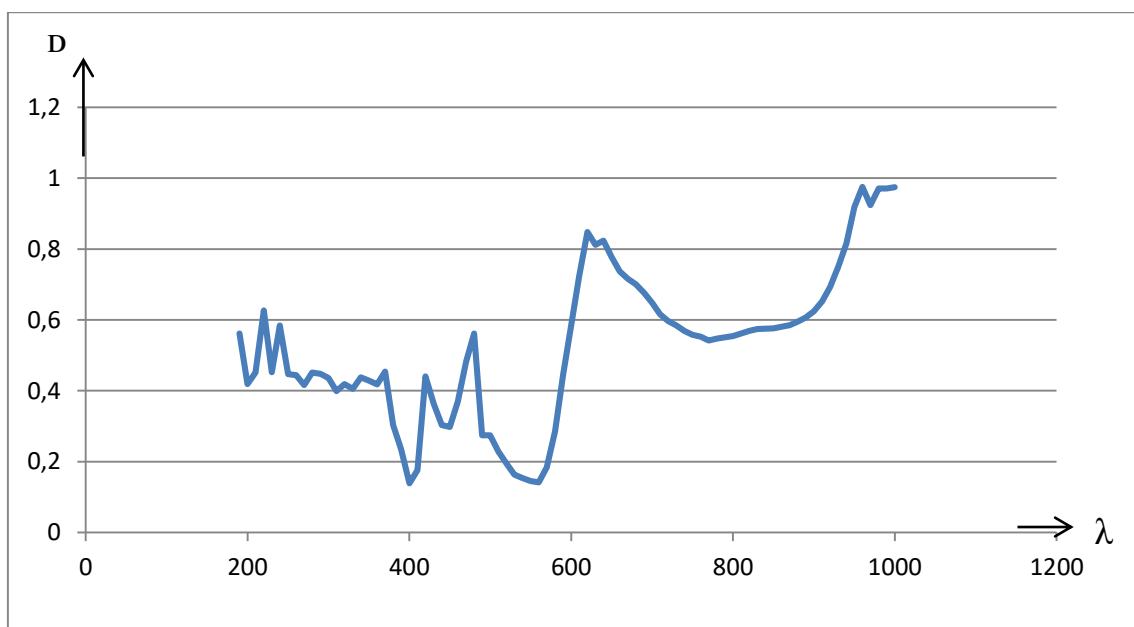


Рисунок 24. УФ-спектр 70%-ного водно-спиртового экстракта из корней хлопчатника сорта «Хисор»

Результаты спектрофотометрии экстрактов, полученных из корней хлопчатника сорта Хисор показано на рисунке 24. Как видно из рисунка в данном спектре имеются полосы поглощения при 190, 220, 230, 420, 560нм средней интенсивности. Эти полосы согласно литературе, считаются характерными для дубильных веществ и халконов. Самой интенсивной является полоса поглощения при 620нм. Эту полосу поглощения можно отнести к антрацен производным. Не

трудно заметить, что полосы поглощения, соответствующие флавонолам, флавонам в данном спектре отсутствуют. Важно отметить, что такие УФ-спектры характерны для 40%-ных и 70%-ных водно-спиртовых экстрактов из корней четырёх исследованных нами сортов хлопчатника: «Хисор», «Мехргон», «Фаровон» и «Шарора». Близкие спектральные свойства водно-спиртовых экстрактов данных сортов подтверждает единичность качественного состава экстрагируемых фенольных соединений.

Весьма интересным фактом различия в экстракции фенольных соединений состава растения хлопчатника водно – спиртовым экстрагентом, подтверждающий сортоспецифичность данного показателя является то, что сорт «Дусти» по УФ – спектру существенно различается от других исследованных нами сортов (рисунок 25).

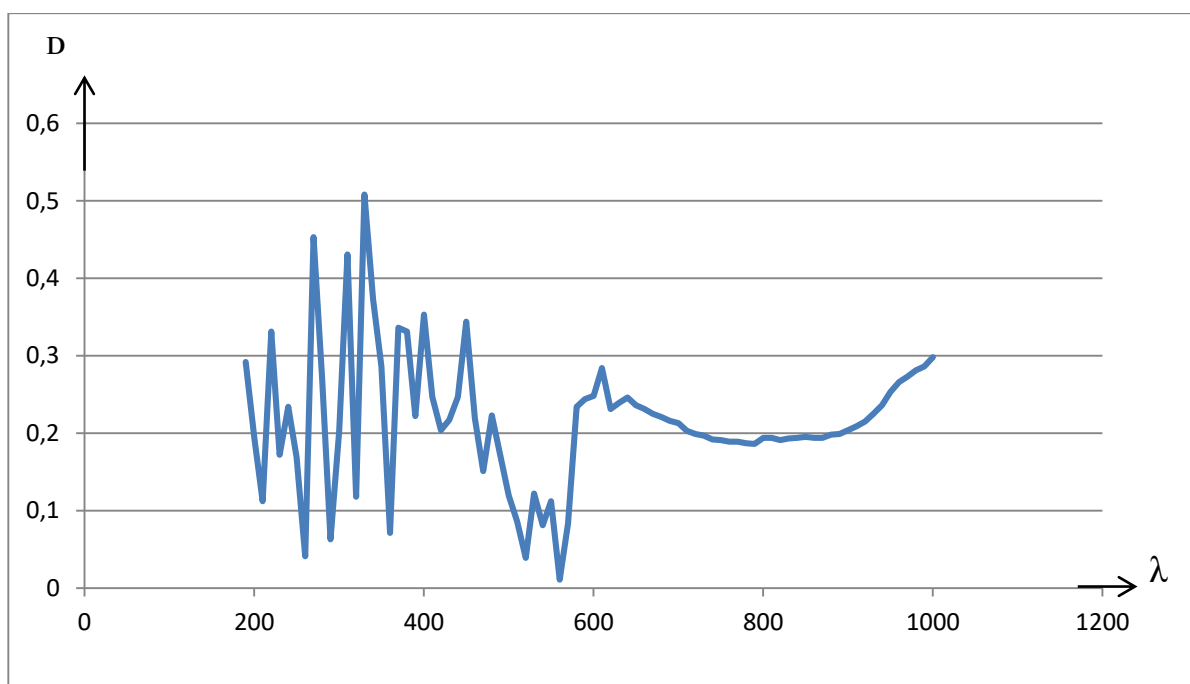


Рисунок 25. УФ-спектр 70%-ного водно-спиртового экстракта корней хлопчатника сорта «Дусти»

При сравнении рисунков 23, 24 и 25 нетрудно заметить, что в УФ-спектре из корней хлопчатника сорта «Дусти» появляются полосы поглощения 230, 260, 300, 360, 420, которых нет в приведенных выше УФ-спектрах, а полоса поглощения при 620нм менее интенсивная.

Это позволяет нам сделать вывод, что в спиртовом экстракте из корней сорта «Дусти» появляются флавонолы и флавоны, а содержание антрацен производных уменьшается.

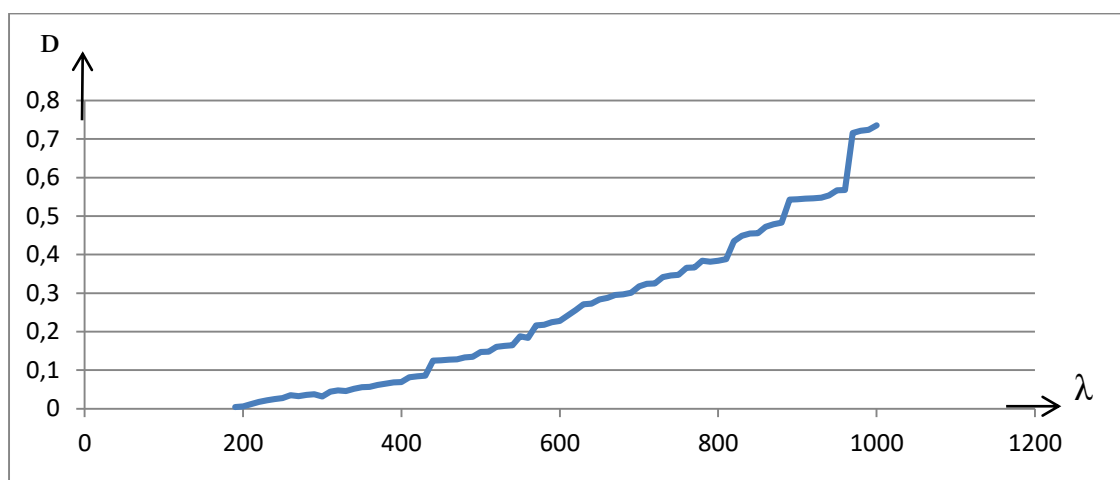


Рисунок 26. УФ-спектр 96%-ный спиртовой экстракт корней хлопчатника сорта «Хисор»

Нами также в качестве экстрагента был использован 96%- этиловый спирт. Результаты спектрофотометрии экстрактов из корней сорта «Хисор» 96%-ным этиловым спиртом, представлено на рисунке 26. Как видно из рис.26 в данном УФ-спектре наблюдается только полоса поглощения очень слабой интенсивности при 430нм. Такая же картина характерна 96%- ным спиртовым экстрактом корней всех исследованных нами сортов хлопчатника. На основании этих спектров можно сделать вывод, о непригодности данного экстрагента для извлечения фенольных соединений состава растений хлопчатника.

Таким образом, на основе проведенных экспериментальных анализов идентифицирован компонентный состав фенольных соединений в листьях, стеблях и корнях различных сортов растений хлопчатника– «Хисор», «Фаровон», «Мехргон», «Дусти» и «Шарора». Установлено, что идентифицированные распространены фенольные соединения содержатся во всех органах растений исследованных сортов.

Для удобства сравнительной оценки состава фенольных соединений различных сортов и их органов на основании всех выше приведенных рисунков и качественных реакций была составлена подытоживающая таблице 8.

Таблица 8. Распределение водорастворимых фенольных соединений в различных органах исследованных сортов хлопчатника

	Сорта хлопчатника	Идентифицированные фенольные соединения		
		Листья	Стебли	Корни
1.	«Хисор»	Дубильные вещества, флавонолы, халконы	Дубильные вещества, фенолокислоты халконы	Дубильные вещества катехины, халконы
2.	«Фаровон»	дубильные вещества, флавонов, флавононов	флавононы, флавоны	флаваноолы, аураны, антоциановые гликозиды
3.	«Мехргон»	дубильные вещества флавонолы, флавоны	дубильные вещества, фенолокислоты,	дубильные вещества катехины, халконы,
4.	«Дусти»	фенолокислоты, флавоноиды, халконы, флавонолы	дубильные вещества, флавонолы	дубильные вещества флавоноиды, катехины.
5.	«Шарора»	дубильные вещества флавонолы, флавоны	дубильные вещества фенолокислоты	дубильные вещества, катехины, халконы

Как видно из результатов экспериментального анализа распределены растворенные фенольных соединений в различных органах исследованных форм хлопчатника наблюдается сортовая специфика.

У сорта «Хисор» полифенольные соединения, относящиеся к дубильным веществам и халконы, встречаются в экстрактах из всех выше указанных органов, флавонолы только в листьях, катехины и их производные только в корнях,

фенольные соединения содержащих карбоксильную группу только в стеблях, а остальные классы: флавоноиды, флавоны, флавононы, ауруны и антоциановые гликозиды отсутствуют. Такая же картина наблюдается у исследуемых сортов «Мехргон» и «Шарора», разница заключается лишь в том, что халконы у этих сортов наблюдаются только в экстрактах из корней и флавоны, которые отсутствовали у сорта «Хисор», встречается в экстрактах из листьев. Также на основе результатов количественного анализа выявлено, что у сорта «Фаровон» дубильные вещества, относящиеся к полимерным соединениям встречаются только в экстрактах из листьев, флавоны и флавононы в листьях и стеблях, остальные пять классов фенольных соединений таких как халконы, флаванолы, катехины, флавоноиды и фенолокислоты в водных экстрактах из листьев, стеблей и корней не обнаружены. Весьма интересным является то, что только в экстрактах из корней этого сорта, наблюдаются ауруны и антоциановые гликозиды. Сорт «Дусти» отличается тем, что только в экстрактах из ее листьев и корней содержатся флавоноиды, которые отсутствуют у других сортов.

Таким образом, на основании полученных результатов экспериментального анализа можно заключить, что компонентный состав фенольных соединений растений хлопчатника является весьма разнообразной и их распределение по вегетативным органам вероятнее всего определяется генотипом.

Хочется особо отметить, что указанные в таблице фенольные соединения извлекаются из хлопчатника водой. Экстракты, полученные с использованием в качестве экстрагента спиртовых растворов, по компонентному составу фенольных соединений существенно отличаются. Это установлено качественными реакциями на основании УФ-спектров водных и водно-спиртовых экстрактов (на рисунках 11-26). Так, например, в водных экстрактах из корней хлопчатника сорта «Дусти» установлены флавоноиды, катехины и дубильные вещества (таблица 8 и рисунок 22), а флаванолы и флавоны не обнаружены. В спиртовых экстрактах (рисунок 25) появляются флаванолы и флавоны, а содержание антрацен производных уменьшается.

Весьма интересным было подсчитать суммарное количество фенолов растения хлопчатника и сравнивать исследуемые сорта в данном аспекте. Расчет суммы фенольных соединений, выполнен на основе данных спектрофотометрического метода [133-136]. Полученные результаты приведены в таблице 9.

Таблица 9. Суммарное содержание фенольных соединений в различных органах растений хлопчатника

№	Сорта хлопчатника	Сумма фенольных соединений, мг/г		
		Листьев	Стеблей	Корней
1	«Хисор»	75,52±1,0	64,36±1,0	78,49±1,0
2	«Фаровон»	68,48±1,0	59,69±1,0	45,21±0,7
3	«Мехргон»	54,63±0,9	57,82±1,0	88,65±1,0
4	«Дусти»	43,52±0,72	11,78±0,3	22,57±0,6
5	«Шарора»	34,52±0,65	23,43±0,7	45,12±0,7

Как видно, из данных, приведенных в таблице 9, все исследованные формы растения хлопчатника: сортов «Хисор», «Фаровон», «Мехргон», «Дусти» и Шарора» накапливают достаточное количество фенольных соединений. Сумма фенольных соединений состава листьев сорта «Хисор» составляет 75,52мг/г, что намного превосходит остальные сорта, особенно сорт «Шарора» более чем в 2 раза. Почти такая же картина наблюдается и для фенолов, извлеченных из стеблей исследованных сортов, однако тут наименьшее содержание фенолов наблюдается у сорта «Дусти», всего 11,78мг/г, что относительно гораздо меньше, чем у других сортов от 2 до 5 раза. При сравнении общей суммы фенольных соединений корневой системы, преимущество переходит к сорту «Мехргон» (88,65мг/г), хотя этот показатель для сорта «Хисор» также достаточно высок (78,49мг/г). Эти два сорта превосходят остальные формы в 1,5- 3 раза. При сравнении распределения фенольных соединений между органами одного сорта растения (таблица 9), исследованные сорта можно поделить на 2 группы: к первой группе можно отнести два сорта «Дусти» и «Фаровон», у которых содержание фенольных

соединений в листьях значительно больше чем в стеблях и корнях. Эти различия особенно четко проявляются у сорта «Дусти», листья этого сорта по данному показателю превосходят другие органы в 2-4 раза.

Вторую группу составляют остальные три сорта: «Шарора», «Мехргон» и «Хисор» у которых сумма фенольных соединений состава корней имеют наибольшую величину. Хотя превосходство над другими органами не так как у первой группы, что составляет всего 30% – 60%. По усредненной сумме содержания фенольных соединений, наибольшее преимущество имеют сорта «Хисор» и «Мехргон», которые значительно превосходят другие исследованных сорта хлопчатника. Полученные нами результаты показывают широту диапазона сортоспецифичной изменчивости механизма процессов накопления и распределения фенольных соединений, в зависимости от генотипа растений хлопчатника. Следовательно, данный показатель можно считать, генетически детерминированным признаком для различных форм хлопчатника. Сравнение наших выводов с известными литературными данными показало, что для представителей многих семейств растений проявляется аналогичная межсортовая и межвидовая зависимость по фенольным соединениям [148], однако имеются и противоположные наблюдения. Так, автор исследования [149], изучавший фенольные соединения в растениях различных сортов растения *O. macrocarpus*, утверждает, что количество фенольных соединений определяется в основном степенью биологической зрелости и факторами окружающей среды, нежели сортовыми особенностями. В этой же работе указывается на отсутствие межсортовых различий по накоплению фенольных соединений в листьях растений *O. macrocarpus*, установленное белорусскими исследователями Ж.А. Рупасовой и др. По-видимому, эти расхождения связаны с тем, что объекты исследования принадлежат к отдаленным таксономическим группам растений.

Наши результаты исследования показывают, что количественное содержание фенольных соединений в различных органах одного и того же растения также различаются. Наибольшее количество фенольных соединений накапливается в листьях, наименьшее – в стеблях. Количество фенольных

соединений в корнях хлопчатника имеет промежуточное значение между их содержанием в листьях и стеблях. Такое соотношение характерно почти для всех исследованных нами сортов хлопчатника. Наши результаты вполне согласуются с литературными данными. Относительно высокое содержание фенольных соединений в листьях по сравнению с корнями и стеблем, по-видимому, объясняется тем обстоятельством, что их биосинтез в основном происходит в хлоропластах, являющихся основным элементом формирования мезоструктуры листа [150-152].

Как следует из результатов, проведенных нами исследований, фенольные соединения содержатся в листьях, стеблях и корнях всех изученных сортов хлопчатника. Весьма интересным фактом является то, что в вегетативных органах растений содержатся фенольные соединения различных классов. Во всех исследованных вегетативных органах растений преобладают флавоноиды, а именно катехины и флавонолы. Кроме них в хлопчатнике обнаружены фенолпропаноиды (фенолокислоты) дубильные вещества и антрахиноновые производные [151].

Анализ доступных литературных источников показал, что данных о качественном и количественном содержании фенольных соединений хлопчатника очень мало. Известно только, что в коре корней и в стеблях растения содержатся катехины и дубильные вещества, в цветках растения содержатся также до 5% флавоноидов [153]. Наши исследования установили, что во всех изученных нами органов хлопчатника содержатся не только катехины и дубильные вещества, но также и такие классы флавоноидов, как флавонолы, флавоны и халконы, а также антраценпроизводные.

Таким образом, можно утверждать, что хлопчатник является растением содержащий достаточно широкий спектр фенольных соединений. Количественное определение содержания фенольных соединений в растениях всех исследованных сортов показало, что хлопчатник содержит достаточное количество фенольных соединений, хотя его нельзя отнести к растениям, способным накапливать значительное количество

фенольных соединений [109], как, например, растения семейства гречишных или яснотковых.

3.4. Накопление фенольных соединений в онтогенезе растений

Согласно многочисленным литературным источникам на накопление фенольных соединений в растениях оказывают влияние многие факторы, такие как генотип, эколого-климатические условия произрастания, а также возраст фазы и роста развития растений [154-160].

Динамику накопления фенольных соединений в различных органах растения хлопчатника приведем только на примере сорта «Хисор», так как существенных различий в данном аспекте наших исследований между сортами не обнаружено. Для исследования были выбраны наземные части растения, собранные в 2016, 2017 и 2018 годы во всех фазах онтогенеза (от вегетации до плодоношения). Суммарное содержание фенольных соединений определяли в листьях, корнях и стеблях всех форм растений. Полученные результаты приведены в таблице 10.

Таблица 10. Динамика содержания фенольных соединений в онтогенезе растений хлопчатника

Органы растения	Фазы онтогенеза растений			
	Вегетация	Бутонизация	Цветение	Плодоношение
	Суммарное количество фенольных соединений, мг/кг сух. массы			
Листья	204 мг/кг	679 мг/кг	756 мг/кг	985 мг/кг
Стебли	978 мг/кг	625 мг/кг	568 мг/кг	938 мг/кг
Корни	2234 мг/кг	2045 мг/кг	1034 мг/кг	996 мг/кг

Как видно из результатов, представленных в таблица 10, динамика накопления фенольных соединений в онтогенезе растений для каждого органа имеет свои особенности. Динамика накопления фенольных соединений в листьях имеет экспонсионально нарастающий характер и достигает своего максимального значения в фазе плодообразования.

При переходе растений от вегетативного роста к образованию генеративных органов (бутонизация, цветение, плодообразование), количественное содержание фенольных соединений в листьях возрастает более чем в три раза, и в фазе массовой бутонизации составляет 679 мг/кг сухой массы. Эти результаты хорошо согласуются с ранее приведенными исследованиями на кафедре биохимии ТНУ, по изучению ферментов карбоксилирующей фазы цикла Кальвина, где показано, что в начале цветения растений из-за резкого возрастания количество госсиполов в листьях хлопчатника, сырой экстракт ферментов становится темно - коричневым и происходит потеря каталитической активности рибозфосфатизомеразы и фосфорибулокиназы [161].

Для корней растения хлопчатника наибольшее значение накопление фенольных соединений (максимум) наблюдается в фазе вегетации, а затем прослеживается плавное снижение в фазе бутонизации и достаточно резкое (двухкратное) снижение в фазе цветения. Далее в фазах плодообразования и созревания коробочек — это значение сохраняется. Подобное изменение количества фенольных соединений характерно для многих растений [157-160]. Хотя для некоторых растений показан противоположный характер изменения содержания фенольных соединений [162]. В корнях некоторых растений содержание фенольных соединений плавно увеличивалось во всех фазах онтогенеза-вегетации, бутонизации, цветения и плодоношения, достигая максимума в конце сезона осенью.

Количественное содержание фенольных соединений в стеблях растений хлопчатника имеют интересную динамику. Наибольшее значение фенольных соединений, как и в корнях наблюдаются в фазе вегетации, однако в фазах

бутизации и цветения падение имеет несколько меньшее значение (всего на 40 - 50%), а далее в фазе плодобрования имеет нарастающий характер.

Установленные нами различия в характере динамики изменения содержания фенольных соединений в различных органах хлопчатника в онтогенезе растений, на наш взгляд вполне закономерен с учетом функционального статуса каждой онтогенетической фазы в обеспечении оптимального роста и развития, и тем самым сохранения стационарного состояния растений. Как известно, фенольные соединения выполняют защитную роль от воздействия различных факторов, а также, будучи сильными антиоксидантами увеличивают сопротивляемость растения к различным окислительным реакциям, приводящим к окислительному стрессу и снижению иммунитета растения.

Подобная защита целесообразна в самые ответственные фазы онтогенеза растений, а именно такими являются периоды интенсивного роста и переход к формированию генеративных органов (фаза бутонизации). Наибольшее содержание фенольных соединений в корнях и стеблях в фазе вегетации вероятнее всего связано с важностью морфофизиологической роли этих органов в формировании мощности куста хлопчатника до перехода к образованию генеративных органов. Можно утверждать, что нарастающая динамика содержания фенольных соединений в листьях в течение всего онтогенеза растений, и наибольшее их содержание в фазах массовой бутонизации, цветения и плодобрования необходимо для повышения устойчивости растения и сохранения плодэлементов (особенно бутонов и цветков) от падения под воздействием различных абиотических экологических факторов окружающей среды.

Наши исследования показали, что качественный состав фенольных соединений во всех органах практически не изменяется в течение всего срока роста и развития растений. Определение компонентного состава фенольных соединений в водных и водно-спиртовых экстрактах, полученных из листьев, стеблей и корней всех исследованных нами форм хлопчатника в течение онтогенеза растений осуществлялось с помощью качественных реакций.

Полученными результатами установлено постоянное присутствие флавонов и флавонолов в экстрактах. Содержание катехинов и фенолкарбоновых кислот изменялось в зависимости от фазы онтогенеза растений. В экстрактах, полученных из всех органов в фазе вегетации наблюдается интенсивная положительная реакция на содержание катехинов (ванилиновая проба и осаждение желатином) и фенолкарбоновых кислот (реакция с железоммонийными квасцами), а в фазах бутонизации и цветения количество указанных соединений уменьшается, так как интенсивность окраски, свидетельствующей о присутствии катехинов и фенолкарбоновых кислот в качественных реакциях значительно уменьшается. В фазах ледообразования и созревания коробочек качественные реакции на содержание катехинов и фенолкарбоновых кислот в экстрактах всех органов показывали отрицательный результат.

3.5. Антиоксидантная активность фенольных соединений хлопчатника

Растительные фенольные соединения проявляют многочисленные и многообразные функции, имеющие важное значение в жизнедеятельности растений. Одним из важнейших физиологического - функциональных свойств фенольных соединений является их антиоксидантная активность. Среди природных антиоксидантов фенольные соединения считаются наиболее действенными, превосходя по своей активности такие распространенные антиокислители, как витамин Е и аскорбиновая кислота. Многие ученые объясняют биологическую активность фенольных соединений именно их антиоксидантным действием, связывая с ним терапевтические эффекты и другие полезные воздействия. Как антиоксиданты, фенольные соединения важны не только для самого растения, но также могут оказать воздействие на другие живые организмы. Все это обуславливает актуальность разработки эффективных методов выделения и исследования различных свойств растительных фенольных соединений, обеспечивающих их биологическую активность.

Несмотря на то, что изучению свойств фенольных соединений, в том числе и антиоксидантным, посвящено большое число исследований, подобные

исследования различных растений не теряют своего важного научного и практического интереса, так как эти исследования расширяют области и возможности применения новых источников растительного сырья. В связи с этим нами изучалась антиоксидантная активность фенольных соединений состава экстрактов, полученных из различных органов всех исследованных форм растений хлопчатника. Известно два механизма антиоксидантного действия фенольных соединений;

- фенольные соединения реагируют со свободными радикалами, в результате чего радикальные окислительно-восстановительные реакции замедляются или вовсе прекращаются;
- фенольные соединения образуют комплексы с ионами тяжелых металлов. Металлы с переменной валентностью (переходные), например, железо, медь, молибден, будучи катализаторами окислительных реакций, способствуют образованию свободных радикалов. При связывании фенольных соединений с катионами этих металлов в виде хелатов свободнорадикальные реакции замедляются или прекращаются.

И в первом и во втором случае, антиоксидантные свойства зависят от структуры фенольного соединения прежде всего от числа и расположения функциональных групп. За проявление антиоксидантной активности по первому механизму ответственны ОН-группы, присутствующие в молекулах фенольных соединений [134]. Чем больше ОН-групп, способных к нуклеофильному обмену водорода на свободный радикал, тем больше антиоксидантная активность фенольного соединения. Фенольные соединения, в которых ОН-группы отсутствуют, например, флаваноны и флавоны, не проявляют антиоксидантных свойств [134, 147].

В образовании комплексных хелатов фенольных соединений с катионами переходных металлов также принимают участие ОН-группы. В комплексообразовании могут участвовать 3-гидроксильная и 4-карбонильная группы кольца С или 5-гидроксильная группа кольца А, а также 4-карбонильная группы кольца С соответственно антиоксидантная активность фенольных

соединений может проявляться одновременно по обоим механизмам, в результате чего эти свойства будут выражены сильнее[134].

Антиоксидантные свойства фенольных соединений определяются различными методами – спектрофотометрическими, электрометрическими, люминесцентными [163-167]. Однако большинство из этих методик достаточно дорогостоящие и длительны во времени, кроме того, предусматривают использование специфических реактивов.

В целях изучения антиоксидантной активности исследуемых экстрактов использовали спектрофотометрический метод, основанном на реакции аутоокисления адреналина при длине волны 347нм.

Данный метод спектрофотометрического определения антиоксидантной активности, разработанный Н.Н. Сиротой, достаточно широко применяется для определения антиоксидантных свойств различных природных объектов [143,144]. Результаты изучения антиоксидантной активности экстрактов, полученных из различных органов хлопчатника исследованных нами сортов «Хисор», «Мехргон», «Шарора», «Фаровон» и «Дусти» представлены в таблице 11.

Таблица 11. Антиоксидантная активность экстрактов различных органов хлопчатника, %

Экстракт из	Сорта хлопчатника				
	«Хисор»	«Мехргон»	«Фаровон»	«Шарора»	«Дусти»
листьев	86,11	91,66	67,22	44,55	52,77
стеблей	50,55	65	73,33	53,33	48,88
корней	50,00	46,11	45,65	37,77	38,88
коробочек	42,22	53,33	85,35	30	36.11

Представленные данные показывают, что экстракты, полученные из всех органов растений, проявляют антиоксидантную активность, при этом наблюдается различное значение АОА как для разных сортов, так и для различных частей растения одного и того же сорта. Различные значения

антиоксидантной активности могут быть обусловлены как количеством фенольных соединений в экстракте, так и их компонентным составом.

Антиоксидантная активность экстрактов, полученных из листьев, а также из стеблей всех исследованных нами форм растений колеблется от 44,55 % (сорт «Шарора») до 91,66% (сорт «Мехргон») для листьев и от 52,77 % (сорт «Дусти») до 73,33% (сорт «Фаровон») – для стеблей. В данном случае наблюдается прямая зависимость между антиоксидантной активностью и суммарным количественным содержанием фенольных соединений в экстракте. Аналогичная корреляция между количеством фенольных соединений и антиоксидантной активностью отсутствует в экстрактах, полученных из листьев, стеблей и корней хлопчатника сорта «Дусти», а также в экстрактах из корней хлопчатника сортов «Хисор» и «Мехргон».

Необходимо отметить, что проявления антиоксидантной активности имеет некоторую сортовую специфику: для сортов «Хисор», «Мехргон» и «Дусти» экстракты листьев проявляют наибольшую антиоксидантную активность по сравнению с экстрактами полученных из других органов растений (табл. 11). У сортов «Шарора» и «Фаровон» относительно высокая АОА наблюдается в экстрактах из стеблей. При сравнении наибольших величин АОА сорта «Мехргон» (91,66) «Хисор» (86,11%) и «Фаровон» (85,35%) превосходят сортов «Шарора» (53,34) и «Дусти» (52,77) на 38-73%.

В экстрактах, полученных из растения сорта «Дусти» наибольшую антиоксидантную активность проявляют экстракты из листьев (52,77), наименьшую (38,82%) – экстракты из корней. В экстракте из листьев количество фенольных соединений составляет 435 мг/кг сухой массы, в экстракте из корней содержится 228,57 мг/кг сухой массы фенольных соединений. Экстракт из стеблей хлопчатника сорта «Дусти» содержит 117,7 мг/кг сухой массы фенольных соединений, и проявляет антиоксидантную активность, равную 48,88 %. Таким образом, для хлопчатника сорта «Дусти», если большее значение антиоксидантной активности экстракта из листьев соответствует большему количеству фенольных соединений, то для экстрактов из стеблей и корней эта

зависимость не соблюдается. Аналогичная картина наблюдается и в экстрактах из корней хлопчатника сортов «Хисор» и «Мехргон». Полученные результаты можно объяснить компонентным составом фенольных соединений, содержащихся в различных частях растений.

Анализ существующих литературных источников показывает, что активность антиоксидантов зависит от различных факторов, в том числе и времени воздействия [168,169]. Результаты исследования продолжительность сохранения АОА экстрактов, полученных из различных органов растений хлопчатника сортов «Хисор», «Мехргон» «Фаровон», «Шарора» и «Дусти» представлены в таблицах 12- 16.

Таблица 12. Продолжительность сохранения антиоксидантной активности экстрактов, полученных из различных органов растения сорта «Хисор»

Экстракт из	Время, мин									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
листьев	86,11	67,44	61,31	48,84	44,47	40,72	34,75	31,44	36,29	42,42
стеблей	50,55	57,36	53,28	40,46	35,35	31,18	28,20	33,62	33,74	26,66
корней	58,19	65,14	69,74	71,15	78,16	82,20	85,34	87,42	92,10	95,21
коробочек	42,22	40,58	32,11	31,21	32,59	36,59	32,30	28,38	4,01	21,41

Таблица 13. Продолжительность сохранения антиоксидантной активности экстрактов, полученных из различных органов растения сорта «Фаровон»

Экстракт из	Время, мин									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
листьев	67,22	58,91	34,67	33,52	25,69	22,16	14,10	19,86	18,21	14,14
стеблей	73,33	60,46	46,71	48,26	39,07	48,19	38,97	44,10	43,47	38,98
корней	60,09	65,24	73,45	78,64	81,19	82,45	88,15	90,14	93,16	93,48
коробочек	85,35	63,56	49,27	50,73	39,73	49,48	44,10	43,66	50,93	31,94

Таблица 14. Продолжительность сохранения антиоксидантной активности экстрактов, полученных из различных органов растения сорта «Шарора»

Экстракт из	Время, мин									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
листьев	44,55	47,67	47,81	45,66	35,15	31,95	26,66	25,15	24,44	24,22
стеблей	53,33	64,34	59,85	51,75	59,66	56,95	40,51	43,88	36,23	35,75
корней	37,77	59,23	60,09	62,49	67,57	73,34	79,56	84,65	88,45	90,22
коробочек	30,1	43,79	40,87	32,36	24,58	25,51	19,48	28,82	20,73	23,34

Таблица 15. Продолжительность сохранения антиоксидантной активности экстрактов, полученных из различных органов растения сорта «Дусти»

Экстракт из	Время, мин									
	1	2	3	4	5	5	7	8	9	10
листьев	52,77	65,11	55,83	61,27	60,22	59,79	52,30	53,05	51,55	48,68
стеблей	48,88	58,13	53,64	61,84	59,66	58,24	52,56	48,90	47,08	37,77
корней	38,88	56,14	64,15	69,27	72,19	86,45	87,05	89,21	92,04	94,32
коробочек	36,11	53,48	51,09	55,49	49,44	47,68	39,48	41,48	36,02	33,73

Согласно представленным результатам, динамика зависимости проявления АОА экстрактов от времени имеет следующую сортоспецифичную картину: Экстракты из листьев сортов «Хисор» и «Мехргон» (у которых уровень АОА была относительно выше других форм) проявление АОА в течение первых трех минут стабильно, а потом плавно снижается, и к десятой минуте сохраняется 30-40% от первоначальной величины активности. Для сортов «Фаровон» и «Шарора» проявления АОА в первые 4-6 минуты достаточно хорошо сохраняется, а далее снижается и к десятой минуте затухает. Экстракт листьев сорта «Дусти» в течение десяти минут сохраняет свою АОА.

При сравнении сохранения АОА экстрактов из стеблей (табл.12-16) видно, что у сортов «Хисор», «Фаровон» и «Мехргон» данный показатель стабильно в

течение первых трех минут, далее наблюдается плавное снижение и к десятой минуте сохраняется лишь половина АОА – мощи экстрактов. У сорта «Шарора» сохранения первоначального уровня проявления АОА несколько дольше и продолжается до восьми минут. Экстракты стеблей сорта «Дусти» проявляют относительно высокую стабильность и сохраняют уровень АОА в течение десяти минут.

При сравнении экстрактов из коробочек исследованных форм хлопчатника по проявлению и сохранению АОА видно, что у сортов «Фаровон», «Дусти» и «Мехргон» наблюдается стабильное сохранение уровня АОА в течение всего эксперимента (10 минут), а у сортов «Шарора» и «Хисор» наибольшая величина АОА наблюдается лишь в первые 1-4 минуты, а потом достаточно резко снижается и к 8-10 минуты практически полностью затухает. Причиной этого, вероятнее всего является расходование фенольных соединений на окислительно-восстановительные реакции.

Весьма интересным является динамика проявления АОА экстрактов из корней растений в течение времени. Как видно, из результатов, приведенных в таблицах 12. - 16.

Таблица 16. Продолжительность сохранения антиоксидантной активности экстрактов, полученных из различных органов растения сорта «Мехргон»

Экстракт из	Время, мин									
	1	2	3	4	5	5	7	8	9	10
листьев	91,66	83,52	75,23	65,23	58,35	50,22	52,14	50,13	48,56	51,13
стеблей	65	60,22	58,45	40,05	38,23	39,26	45,34	46,38	40,19	40,10
корней	46,11	45,12	42,12	41,10	36,23	35,34	40,12	48,24	50,24	52,16
коробочек	53,33	49,32	48,21	49,18	49,16	47,11	50,18	46,34	40,24	39,84

АОА экстрактов корней не только сохраняется стабильно в течение десяти минут регулярного измерения данного показателя, но и имеет тенденцию к

возрастанию. К десятой минуте уровень АОА у всех исследованных форм практически возрастает в два раза. Эти результаты вероятное всего связано с тем, что в компонентном составе фенольных соединений корневой системы хлопчатника содержатся относительно больше именно те классы фенольных соединений, которые проявляют высокую антиоксидантную активность.

Полученные нами результаты также наводят на мысль, что уровень проявления антиоксидантной активности может быть тесно связано не только с компонентным составом фенольных соединений экстрактов, но также с их концентрацией в окислительно-восстановительной системе. С целью определения указанной зависимости было изучено влияние концентрации фенольных соединений на проявление антиоксидантной активности экстрактов, полученных из листьев всех исследованных нами сортов хлопчатника. Полученные данные представлены в таблице 17.

Таблица 17. Зависимость антиоксидантных свойств экстрактов из корней хлопчатника от их количества в реакционной среде

Сорт «Хисор»											
V _{экс.} , мл	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
АОА, %	60	50	50	50	50	50	50	50	30	20	20
Сорт Мехргон											
V _{экс.} мл	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
АОА, %	45	45	40	30	30	25	20	15	10	10	5
Сорт «Фаровон»											
V _{экс.} мл	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
АОА, %	50	50	50	50	50	50	50	30	20	10	5
Сорт «Шарора»											
V _{экс.} мл	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
АОА, %	70	70	60	60	70	70	60	50	50	50	50
Сорт «Дусти»											
V _{экс.} мл	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
АОА, %	65	62	60	59	56	53	50	48	40	30	20

Как видно из данной таблицы, антиоксидантная активность фенольных соединений до определенной концентрации остается постоянной, затем с увеличением концентрации уменьшается. Однако объем экстракта, добавляемого в реакционную среду, при которой наблюдается эффект затухания АОА не одинаково для всех сортов. Для сорта «Мехргон» она равна 0,4мл, для сортов «Хисор», «Фаровон», «Дусти» 0,7- 0,8 мл, а для сорта Шарора» даже при 1,0 мл уровень АОА сохраняется относительно высокая. Эти результаты косвенно указывают на то, что в листьях сорта «Мехргон» в компонентном составе фенольных соединений преобладают соединения, проявляющие высокую АОА.

Причиной уменьшения антиоксидантной активности при увеличении концентрации, на наш взгляд, является проявление прооксидантных свойств фенольными соединениями экстрактов. Известно, что фенольным соединениям, так же, как и другим природным противooksидителям характерно проявление как антиоксидантных, так и прооксидантных (способность химических соединений способствовать протеканию окислительных реакций) свойств. Важно отметить, многие другие исследователи также отмечают, что антиоксидантные свойства проявляются при относительно меньших концентрациях, а прооксидантная - при более высоких концентрациях природных и синтетических антиоксидантов [134, 148, 171,172].

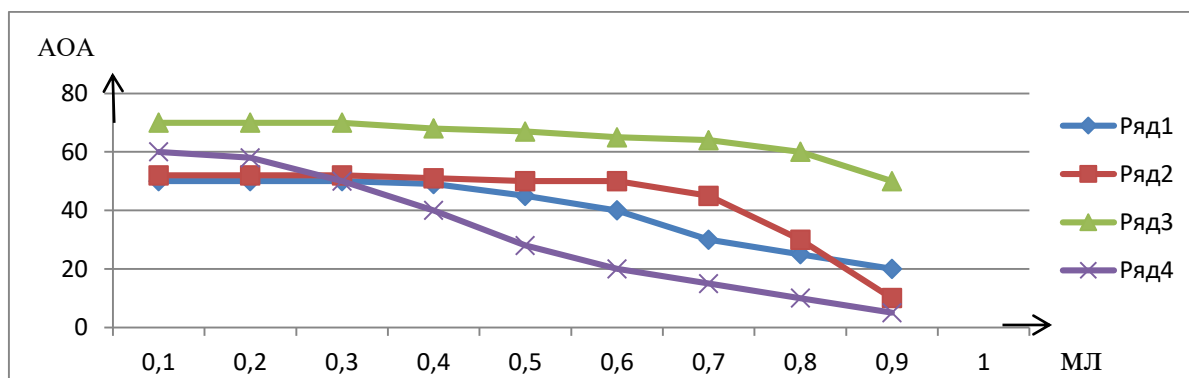


Рисунок. 27. - Зависимость антиоксидантной активности (АОА) экстрактов из корней исследуемых растений от концентрации (количество экстракта в мл) фенольных соединений:

1.ряд – экстракт из хлопчатника сорта «Шарора»; 2. ряд – экстракт из хлопчатника сорта «Дусти»; 3. ряд – экстракт из корней хлопчатника сорта «Хисор»; 4. ряд – экстракт из хлопчатника сорта «Фаровон».

С учетом этой точки зрения, можно считать, что полученные нами результаты, согласуются с известными литературными данными по антиоксидантным и прооксидантным свойствам некоторых производителей фенольных соединений. Анализ этих источников[16, 94, 103-114] показало, что уменьшение антиоксидантной активности с увеличением концентрации фенольных соединений, может быть связано с тем, что при наиболее высоких концентрациях фенолы могут служить акцептором ион водорода (электрона) и прооксидантные свойства могут проявляться, например, за счет присоединения иона водорода к функциональной карбонильной группе, находящейся в положении 4 кольца С. В этом случае фенольные фенолы являются акцептором иона водорода (электрона) и прооксидантные свойства могут проявляться, например, за счет присоединения водорода к функциональной карбонильной группе, находящейся в положении 4 кольца углерода или в результате окислительных превращений веществ фенольной природы. В литературе описываются также другие механизмы проявления прооксидантных свойств фенольных соединений природных фенолов. Считается, что проявление прооксидантных свойств связано с образованием продуктов фенольных соединений с нуклеофильными соединениями [173,174]. На основе полученных результатов мы предполагаем, что прооксидантные свойства природных фенолов, выделенных из хлопчатника, могут проявляться по всем указанным механизмам, так как компонентный состав фенольных соединений в исследованных экстрактах имеет возможность вступать в указанные процессы.

3.6. Красящие свойства фенольных соединений растений хлопчатника

Многие фенольные соединения – некоторые классы флавоноидов (флавонолы, халконы, ауроны), а также производные антрахинона и нафтохинона, обладающие цветом, издавна использовались человечеством для окрашивания текстильных материалов и пищевых продуктов.

В настоящее время наблюдается тенденция к использованию природных растительных красителей как в пищевой, так и в текстильной промышленности. Интерес к природным соединениям в качестве красящих веществ обусловлен прежде всего экологическими причинами. В пищевой промышленности, которая использует красители в технологии почти всех пищевых продуктов, применяемые ранее синтетические красители могут стать причиной различных аллергических, канцерогенных, сердечно-сосудистых болезней и болезней других органов [171,172].

В текстильной и кожевенной промышленности в настоящее время также возрождается интерес к природным красящим веществам. Несмотря на многие преимущества синтетических красителей, таких, как технологичность, возможность получения стойких, ярких, чистых цветов и оттенков, дешевизной, использование природных красителей, выделенных из природного сырья, преимущественно из растений, вызывает значительный интерес и исследователей, и специалистов легкой промышленности. Это связано с теми экологическими проблемами, которые создает отделочное производство текстильной и кожевенной промышленности. Это производство относится к тем отраслям, которые отрицательно влияют на экологию окружающей среды [172-174].

Из сточных вод отделочного производства в окружающую среду попадают токсичные химические вещества, изменяя ее качество, поступают в живые организмы и участвуют в процессах обмена веществ, становясь причиной негативных последствий и различных заболеваний [175].

В связи с этим, во многих странах ведутся исследования по разработке технологии колорирования текстильных материалов природными красителями. Несмотря на тысячелетнюю историю применения природных красителей, технология их использования была утеряна после открытия промышленного производства синтетических красителей. Поэтому нахождение новых источников растительного красильного сырья, разработка способов выделения красящих веществ из него и технологии крашения текстильных меховых и кожевенных изделий актуальна и имеет практическое значение.

Хлопчатник не относится к красильным растениям, однако, как показали проведенные нами исследования, в экстрактах из различных частей этого растения содержатся окрашенные фенольные соединения – флавонолы, халконы и антрахиноновые производные. В связи с этим, нами была изучена возможность колорирования хлопчатобумажных тканей экстрактами из корней и листьев хлопчатника сорта «Хисор».

Здесь следует отметить, что также нами исследована перспектива применения экстрактов хлопчатника как красителей хлопковых тканей. Колорирование хлопчатобумажной ткани (бязь) осуществлялось водными экстрактами листьев хлопчатника периодическим способом с применением протрав водными экстрактами, полученными по разработанному нами методу, который защищен патентом Республики Таджикистан. Условия крашения, следующие: модуль ванны - 1:40, температура среды 70°C , время крашения – 60 мин. В качестве протрав были применены некоторые соли алюминия, магния и железа. Причина выбора этих солей заключается в том, что соли этих металлов (алюминия, магний, железо) менее токсичны по сравнению с солями хрома, которые чаще всего применяются при крашении указанным методом.

Полученные результаты показали, что экстрактами из хлопчатника хлопчатобумажная ткань окрашивается в различные оттенки коричневого цвета.

В зависимости от природы и химического состава протравы получаются различные тона (рисунки 28-29).

			
MgCl ₂	FeCl ₃	AlCl ₃	Al ₂ (SO ₄) ₃
			
CuSO ₄	K ₂ Cr ₂ O ₇	FeSO ₄	Na ₂ SO ₄

Рисунок 28. Цвет выкрасок при использовании различных протрав

Как видно из результатов анализа представленных на рисунке 28 в случае применения солей железа получаются темно – оливковые цвета. Соли алюминия (AlCl₃ Al₂(SO₄)₃) обуславливают появлению и придают различные оттенки желтого оливкового и цвета хаки, соли магния – зеленовато-желтый цвет. Протравливание солями меди приводит к окрашиванию ткани в горчичный цвет, солями хрома – песочный цвет. Нами изучалась последовательность протравливания на цвет выкраси. Результаты опытов показали, что способ применения протравы (до,

после или во время крашения) влияет на оттенок получаемой окраски. Здесь следует отметить, что использование хлопчатобумажной ткани, которая окрашивалась до, одновременно и после процесса протравливания представлена на рисунок 29. Как видно из данного рисунка нетрудно заметить, что наиболее светлые оттенки получаются при предварительном протравливании образцов ткани перед крашением. Также нами выявлено, что в случае солей алюминия и железа более темный оттенок получается при крашении с одновременным протравливанием.

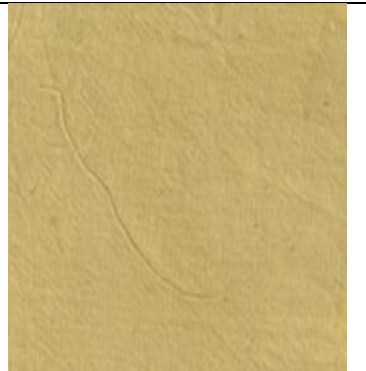
			До протравливания	Одновременно с протравливанием	После протравливания
1.		$K_2Cr_2O_7$			
2.		$FeSO_4$			
3.		$AlCl_3$			

Рисунок 29. Влияние последовательности протравливания на цвет окрасок

В заключении хотелось бы подытожить, что результаты поисков перспективы практического применения выделенных нами фенольных соединений состава различных органов растений хлопчатника оказались радостными. Было установлено, что экстракты фенолов хлопчатника могут служить в качестве эффективных красящих средств для колорирования целлюлозных текстильных материалов протравным способом. Путем использования неидентичных протрав и изменением последовательности процесса протравливания, а также условий крашения, а именно концентрацию протрав и экстракта, можно достичь различных цветов и оттенков.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние годы достигнуты значительные успехи в этой области: созданы скороспелые, высокоурожайные и болезнеустойчивые сорта. Однако для дальнейшего развития селекции хлопчатника и для поднятия ее на новую степень необходимо применение современных методов молекулярной биологии, молекулярной генетики и генной инженерии. Это в свою очередь делает необходимыми исследования хлопчатника как одного из наименее изученных объектов среди других сельскохозяйственных культур в отношении биохимии, физиологии и генетики. Используемые нами формы хлопчатника имели контрастные морфофизиологические различия, что для нас было очень важным в целях интерпретации возможных сортоспецифичных различий в метаболической мощи исследованных объектов, в том числе в качественном и количественном составе фенольных соединений (метаболитов вторичного метаболизма) которым посвящена данная работа. Вторичные метаболиты могут находиться в различных частях клетки, ткани органа растения. Внутриклеточная локализация. Вторичные метаболиты, как правило накапливаются в «метаболически неактивных» компартментах клетки – вакуолях и периплазматическом пространстве (клеточной стенке), но синтез их проходит обычно в других компартментах – чаще всего в цитозоле, ЭР и хлоропластах. Таким образом, в клетке синтез и накопление вторичных метаболитов пространственно разобщены; после синтеза и накопления вторичных метаболитов пространственно разобщены; после синтеза должен происходить их транспорт секреторному пути.

Фенольные соединения накапливаются как в вакуолях, так и в периплазматическом пространстве. При этом в вакуолях обычно содержатся гликозилированные фенольные соединения, тогда как в периплазматическом пространстве – метоксилированные соединения или агликоны. Синтез фенольных соединений происходит в хлоропластах и цитозоле. Показано существование двух независимых путей синтеза ароматических соединений (шикиматные пути) – в цитозоле и пластидах.

Нами подобраны оптимальные условия получения фенольных соединений состава различных органов растений хлопчатника, которые включали: подбор экстрагента, соотношение сырья и растворителя, температуры экстракции, продолжительность процесса экстракции и.т.д. Установлено, что для эффективного извлечения фенольных соединений из различных органов хлопчатника, в качестве экстрагента необходимо использовать не только воду, но и другие растворители в том числе 40%- 70%-ные водно- спиртовые растворы. Оптимальное соотношение сырья и растворителя при экстракции в зависимости от органа растений и его генотипа может быть 1:3-1:5. При этих соотношениях достигается наибольшее оптическая плотность экстракта измеряемая при длине волны λ , 620 нм спектрофотометрическим методом. Увеличение температуры и продолжительность инкубации является важным фактором эффективной экстракции фенольных соединений состава хлопчатника и зависит от генотипа растений.

При тщательно подобранных оптимальных условиях, с использованием многочисленных специфических качественных реакций и УФ- спектроскопии установлены наличие и компонентный состав фенольных соединений в листьях, стеблях и корнях пяти сортов растений хлопчатника – «Хисор», «Фаровон», «Мехргон», «Дусти» и «Шарора». Выявлено, что компонентный состав фенольных веществ, экстрагируемых из растения водным и спиртовыми растворами, отличаются как качественно, так и количественно. Например, в водных экстрактах из корней обнаруживаются флавоноиды, катехины и дубильные вещества, а в спиртовых экстрактах флавонолы, флавоны и антрацен производные. Следовательно, для полной оценки качественного состава фенольных соединений в растениях хлопчатника, целесообразно использовать различные варианты экстракции.

Спектр фенольных соединений, согласно литературе [109] его не относят к растениям способным накапливать значительное количество фенолов. Таким образом, на основании наших многочисленных экспериментов, можно

утверждать, что хлопчатник является растением содержащий достаточно широкий спектр.

Широта спектра и суммарное содержание фенольных соединений имеют определенную сортовую специфику. Компонентный состав фенольных соединений сорта «Дусти» значительно отличается от компонентного состава фенольных соединений других сортов. Этот сорт хлопчатника кроме флавонолов, катехинов, дубильных веществ и антрохиноновых производных также содержит фенольные кислоты. По суммарному содержанию фенольных соединений в листьях, стеблях и корнях (таблица 9) сорта «Хисор» существенно превосходит остальные сорта. Кроме того, также наблюдаются другие сортоспецифические различия по накоплению и распределения фенольных соединений между различными органами растений, которое подробно обсуждено в главе 3.3. Следовательно полученные нами результаты свидетельствуют о широте диапазона сортоспецифичной изменчивости механизма процессов накопления и распределения фенольных соединений, в зависимости от генотипа растений хлопчатника. Сравнение наших результатов с известными литературными данными показывает, что для представителей многих семейств растений проявляется аналогичная межсортная и межвидовая зависимость по фенольным соединениям [148]. Отсюда, можно предположить, что данный показатель является генетически детерминированным признаком для различных форм хлопчатника. Онтогенетическая динамика накопления фенольных соединений в различных органах (листьях, стеблей и корней) растений хлопчатника также имеют своеобразный характер. Наибольшее значение фенольных соединений в листьях, корнях и стеблях соответствуют разным фазам онтогенеза растений. Известно, что фенольные соединения имеют широкий диапазон метаболической активности. В том числе они выполняют защитную роль от воздействия различных факторов, а также, будучи сильными антиоксидантами увеличивают сопротивляемость растения к различным окислительным реакциям, приводящим к оксидативному стрессу и снижению иммунитета растения. Установленные нами различия в онтогенетические динамики изменения содержания фенольных

соединений в различных органах хлопчатника на наш взгляд вполне закономерен с учетом метаболического статуса каждой онтогенетической фазы в обеспечения оптимального роста и развития, и тем самым обеспечения стационарного состояния растений. Несмотря на то, что изучению свойств фенольных соединений, в том числе и антиоксидантным, посвящено большое число исследований, подобные исследования различных растений не теряют своего важного научного и практического интереса, так как эти исследования расширяют области и возможности применения новых источников растительного сырья. Исследования экстрактов, полученных из различных органов пяти сортов хлопчатника: «Хисор», «Мехргон», «Шарора», «Фаровон» и «Дусти» показало, что все они проявляют антиоксидантную активность. При этом наблюдается различное значение АОА как для разных сортов, так и для различных частей растения одного и того же сорта. Различные значения антиоксидантной активности могут быть обусловлены как количеством фенольных соединений в экстракте, так и их компонентным составом. Хотя хлопчатник не относится к красильным растениям, однако, как показали проведенные нами исследования, в экстрактах из его различных органов содержатся окрашенные фенольные соединения – флавонолы, халконы и антрахиноновые производные. В связи с этим, нами было изучена возможность колорирования хлопчатобумажных тканей экстрактами из различных органов хлопчатника. В результате, была установлено, что экстракты фенолов хлопчатника могут служить в качестве эффективных красящих средств для колорирования целлюлозных текстильных материалов протравным способом. Путем использования протравы различного вида и изменением последовательности протравливания, а также условия крашения, а именно концентрацию протравы и экстракта, можно достичь различных цветов и оттенков.

ВЫВОДЫ

1. Изучены морфофизиологические показатели пяти форм растения хлопчатника – сортов «Хисор», «Мехргон», «Фаровон», «Дусти» и «Шарора».
2. Разработаны оптимальные условия экстракции фенольных соединений состава растения хлопчатника. Установлено, что в хлопчатнике содержатся как водорастворимые, так спирторастворимые фенольные соединения. Эффективность их извлечения зависит от правильности выбора экстрагента, соотношения сырья и растворителя, температуры и продолжительности инкубации.
3. Впервые изучены суммарное содержание, качественный состав и распределение фенольных соединений в различных органах хлопчатника. Выявлено, что в вегетативных органах растений содержатся фенольные соединения различных классов: катехины, флаванолы, фенолпропаноиды (фенолокислоты), дубильные вещества и антрохановые производные.
4. Установлено, что онтогенетическая динамика накопления фенольных соединений в различных вегетативных органах растений хлопчатника, имеет специфические особенности, связанные с их многообразием и биохимическими функциями в реализации направленности метаболизма в ходе онтогенеза.
5. Впервые кинетическим методом, основанном на реакции аутоокисления адреналина, изучена антиоксидантная активность водорастворимых фенольных соединений хлопчатника. Установлено, что фенольные соединения состава хлопчатника обладают выраженной антиоксидантной активностью, которая носит дозозависимый характер.
6. Лабораторными опытами показана возможность окрашивания экстрактами фенольных соединений из листьев и корней хлопчатника хлопчатобумажных тканей с использованием протрав. Разработан способ получения красящего экстракта из хлопчатника, защищенный патентом Республики Таджикистан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автономов А.И. / Хлопководство-2-е изд. //А.И. Автономов, М.З. Казиев, А.И. Шлейхер и др. М: Колос,1983. - 334 с.
2. Ибрагимов О.О. / Регулирование плодоношения хлопчатника. // О.О. Ибрагимов – Ташкент: Мехнат., 1992. – С. 115–129.
3. Бахтенко Е.Ю. / Регуляция роста и развития растений: учебное пособие /Е.Ю. Бахтенко. Мин-во образования и науки РФ: Вологодский гос. пед. университет. - Вологда ВГПУ, 2014. -192 с.
- 4.Саидов С.Т. / Селекция хлопчатника и пути её усовершенствование в Таджикистане // С.Т. Саидов. – Душанбе, -2014. - 93с.
5. Алехина Н.Д. /Физиология растений // Н.Д. Алехина, Ю.В. Балнокин. – Москва, Издательский центр «Академия», -2007. -640 с.
- 6 Мауер Ф.М. / Хлопчатник. Т.1. // Ф.М. Мауер. - Ташкент: Изд-во АН Уз ССР, - 1954. -384 с.
7. Якушкина Н.И. / Физиология растений. // Н.И. Якушкина. - Москва, Просвещение, -1980. -303 с.
8. Усманов П.Д. / Радиобиология хлопчатника // П.Д. Усманов. –Душанбе, -2015. -С.27-28.
9. Дариев А. / Хлопчатник (анатомия, морфология, происхождение) //А. Дариев, А.А. Абдуллаев. – Ташкент, Изд-во ФАН, -1985.– 302 с.
10. Доспехов Б.А. / Методика полевого опыта // Б.А. Доспехов. -Москва -1985. - 352 с.
11. Расулов С. Регуляция роста и плодоношения хлопчатника: автореф. дис. д-ра биологических наук / С. Расулов. – Москва, 1992. - 66 с.

12. Обидов К.А. Продуктивность новых сортов хлопчатника в зависимости от густоты стояния и норм минеральных удобрений в условиях центрального Таджикистана: автореф. дис. канд. сельскохозяйственных наук. / К.А. Обидов. - Душанбе, - 2012. -21 с.
13. Малеванная Н.Н. Регуляция роста, развития и продуктивности растений: // Материалы IV Междунар. конф. Минск, 26-28 окт. 2005.- С. 141.
14. Бурнашев Ш.Т. Новые сорта средневолокнистого хлопчатника / Ш.Т. Бурнашев, Х.А. Абдуллаев, А.С. Исмоилов // Изв. АН РТ.- Отд. биол. и мед. наук. -1998. -№2. (138) - С. 43-46.
15. Немоловская Т.Б. Некоторые вопросы селекции хлопчатника на юге Украины / Т.Б. Немоловская, В.А. Боровик, Степанов Ю.А. // Эволюция научных технологий в растениеводстве (сб. научных трудов). -2004. Т. 3. - С. 316-322.
16. Рахматиллоев Р. Технология орошения хлопчатника при интенсивных способах возделывания в Таджикистане: дис. д-ра хим. наук / Р. Рахматиллоев. - Москва, 2005. - 324 с.
17. Усманов А.Н. Теоретические основы корневого питания хлопчатника при получении высокого урожая в условиях искусственной среды / А.Н. Усманов. - Ташкент: Фан, - 1984, - 171 с.
18. Пасешниченко В.А. Растения – продуценты биологически активных веществ / В.А. Пасешниченко // Соросовский образовательный журнал. -2001. - Т.7, № 8. - С. 13-19.
19. Неъматов М.Н. Атлас система размножения хлопчатника // М.Н. Неъматов, Х.А. Абдуллоев, Неъматов Б.М. – Душанбе, 2015. - 34с
20. Арутюнова Л. Г. Биология хлопчатника // Л.Г. Арутюнова, Ш.И. Ибрагимов, А.А. Автономов М: Колос, 1980. -63с.

21. Эргашев А. Резервы повышения урожайности хлопчатника / А. Эргашев // 60 лет сельскохозяйственной науки в Таджикистане. - Душанбе: ТНИИЗ. -1992. -С. 166-169.
22. Дулёва Д.И. Зависимость цветения хлопчатника длины дня / Д.И. Дулёва // Опыт, проблемы, перспективы функционирования агропромышленного комплекса. Материалы научно – практической конференции молодых учёных и аспирантов. Астрахань, -2005.- С.25-26.
23. Муминов Ф.А. Погода, климат, хлопчатник // Ф.А. Муминов. -Л.: Гидрометиздат, 1987.- 200 с.
24. Саидов С.Т., Джабаров Х. Определение аттрагирующей способности коробочки у хлопчатника *Gossypium hirsutum* L: методические указания / С.Т. Саидов, Х. Джабаров. -Душанбе, 1995. -14 с.
25. Глушенкова А.И. Госсипол, и его производные и их использование / А.И. Глушенкова // Известия вузов. Пищевая технология.-1994. -№5-6. -С.7-9.
26. Фурсов В.Н. Селекция и семеноводство тонковолокнистого хлопчатника в Туркменистане / В.Н. Фурсов // Ашхабад, Туркменистан. -1980,- С. 55-71.
27. Барам Н.И. Биологическая активность госсипола и его производных / Н.И. Барам, А.И. Исмаилов // Химия природных соединений. -1993.- №3. –С.334-348.
28. Юнусханов. А.Ш. Белки хлопчатника / А.Ш. Юнусханов. «Фан» Уз ССР, 1988. -321с.
29. Тарчевский И.А. Элиситор-индуцибельные сигнальные системы и их взаимодействие // Физиология растений. -2000. -Т.47, №2. -С.321-331.
30. Сафарова С. Влияние нормы расхода воды за вегетацию на уровень урожайности сортов тонковолокнистого хлопчатника в условиях Вахшской долины / С. Сафарова // Вестник ТНУ.- 2017. -№18. -С. 216-218.

31. Абдуллаев А.А. К номенклатуре рода *Gossypium* L. / А.А. Абдуллаев, В.П. Клят // Узбекский биологический журнал. - Т.: Фан, 2006. - С. 36-42.
32. Саидов С.Т., Худжаназарова М.И. Эффективность различных методов селекции в создании новых сортов хлопчатника. / С.Т. Саидов, М.И. Худжаназарова // Актуальные вопросы земледелия: сб.тр. / Душанбе, 2004. -С. 50.
33. Умбетаев, И. Районированные новые и перспективные сорта хлопчатника / И. Умбетаев, Х. Салиметов // Материалы международной научно практической конференции «Научные основы развития сельского хозяйства на юге Казахстана». – Алматы: Бастау, 2001. – С. 254.
34. Ермакова Е.П. Физиология растений учебник для студентов вузов // Е.П. Ермакова. -М.: Изд.центр “Академия”, 2005. -640с.
35. Bourgaud F., Gavot A., Milesi F., Gontier E. Production of plant secondary metabolites: a historical perspective/ F. Bourgaud, A.Gavot, F. Milesi, E.Gontier // Plant Sci. -2001. -V. 161. -P. 839–851.
36. Mink M. Biochemistry of Plant Secondary Metabolism. – 2nd Ed / M.Mink //Annual Plant Reviews. - 2010. - V. 40. – 464 p. - ISBN: 978-1-4051-8397-0.
37. Физиология растений / Н.Д. Алёхина, Ю.В. Балнокин, В.Ф. Гавриленко А.М. Носов [и др.]. - М.: Академия, 2005.- 635 с.
38. Носов А.М. Функции вторичных метаболитов растений *in vivo* и *in vitro*/ А.М. Носов // Физиология растений. -1994. -Т. 41.- С. 873–878.
- 39.Костина В.М. Особенности фенольного метаболизма растений рода *Rhododendron* L. *in vivo* и *in vitro*: автореф. дисс. канд. биол. наук/ В.М. Костина. Москва, 2009. -22 с.
40. Дитченко Т.И. Юрин В.М. Регуляция продукции вторичных метаболитов фенольной природы каллусной культурой *Echinacea purpurea* L. Moench корневого

происхождения/ Т.И. Дитченко, В.М. Юрин // Журнал Белорусского государственного университета. Биология. 2018.- С.57– 64.

41. Кретович В. Л. Биохимия растений / В. Л. Кретович. -М.: 1980. - 445с.

42. Прусакова, Л.Д. Роль фенольных соединений в растениях / Л.Д. Прусакова, В.И. Кефели, С.Л. Белопухов, В.В. Вакуленко, С.А. Кузнецова // Агрохимия. – 2008. – №7. – С. 86-96.

43. Мяделец, М.А. Фенольные соединения *Coluria geoides* (Rosaceae) / М.А. Мяделец, С.В. Дутова // Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты: мат. докл. VIII межд. симпозиума (Москва, 2-5 октября 2012). – М.: ИФР РАН; РУДН, 2012. – С.616-620.

44. Волынец А.П. Фенольные соединения в жизнедеятельности растений/ А.П. Волынец.– Минск, 2013 – 283с.

45. Запрометов М.Н. Фенольные соединения и их роль в жизни растений/ М.Н. Запрометов //56-е Тимирязевское чтение. - М.: Наука, 1996. -45с.

46.Высочина Г.И. Фенольные соединения в систематике и филогении семейства гречишных. Новосибирск: Наука. 2004. 240с.

47. Bidel L.P.R., Coumans M., Baissac Y. et al. Biological activity of phenolics in plant cells // Recent advances in polyphenol research / Eds Cantos Buelga C., Escribano Bailon M.T., Lattanzio V. Iowa, USA: Wiley-Blackwell, 2010. V. 2. P. 163–205.

48. Махатова Б.Т., Датхаев У.М., Бурда Н.Е., Кисличенко В.С. Определение фенольных соединений в сырье *Verbascum songaricum* // Вестник КазНМУ, посвященной 85-летию Казахского национального медицинского университета имени С.Д. Асфендиярова. – 2015. - №4. - С.521-523.

49. Запрометов М.Н. Фенольные соединения и их роль в жизни растений // 56-е Тимирязевское чтение. - М.: Наука. 1996. 45с.

50. Кудрявцев Г.П., Мусатова О.В. Химия природных соединений: учебно-методический комплекс для студентов биологических специальностей/ Г.П. Кудрявцев, О.В. Мусатова. -Витебск, 2009. -232с.
51. Chirikova, N. K. Phenolic compounds from Siberian Species *Thymus baicalensis* and *T. sibiricus* / N.K. Chirikova, D.N. Olennikov // Chemistry of Natural Compounds. - 2018. - V.54, № 3. - P. 572-576.
52. Симонян А.В. Активность производных коричных кислот и новые методы их синтеза/ А.В. Симонян // Химико-фармацевтический журнал. -1993.- №2. -С. 21–23.
53. Жусупова Г.Е. и др. Химия природных соединений, № 1, 2005, С.100.
54. Панасюк А.Л. Экстракция фенольных соединений из виноградных семян / А.Л.Панасюк, В.В. Жирова, Е.А. Никулина, Н.М. Романюк // Виноделие и виноградарство. -2003.- № 1. –С.34-37.
55. Кузнецова Н. А. Фотохимия кумаринов / Н. А. Кузнецова, О. Л. Каляя // Успехи химии. – 1992. – Т. 61. – № 7. – С. 1243-1267.
56. Ложкин А.В. Природные кумарины: методы выделения и анализа / А.В. Ложкин // Химико – фармацевтический журнал.-2006. - Т40, -№6. -С47-49.
57. Левашова И.Г., Жданова В.П. Кумарины и флавоноиды некоторых видов *Polygonum* / И.Г. Левашова, В.П. Жданова // Химия природных, соединений. 1990. -№ 4. -С. 551-552.
58. Vermerris W. Phenolic compound. / W. Vermerris, R. Nicholson Biochemistry. - 2006. -P 235-255.
59. Головкин Б.Н. Биологически активные вещества растительного происхождения. / Б.Н. Головкин, Р.Н. Руденская, И.А. Трофимова, А.И. Шретер. -М.: Наука, 2001.- 350с.

60. Spencer J. P. E., Crozier A. Flavonoids and related compounds: bioavailability and function/ J. P. E. Spencer, A. Crozier. CRC Press: USA. -2012. -452 p.
61. Куркина А. В. Флавоноиды фармакопейных растений: монография / А. В. Куркина. - Самара: Офорт, ГБОУ ВПО СамГМУ Минздравсоцразвития России, 2012. - 290 с.
62. Корулькин Д.Ю. Природные флавоноиды / Д.Ю.Корулькин, Ж.А.Абилов, Р.А.Музычкина, Г.А. Толстиков // Новосибирск: Гео, 2007. -232с.
63. Harborne J.B. Advances in flavonoid research since 1992/ J.B. Harborne, C. A. Williams // Phytochem. -2000. -V. 55. - P. 481—504.
64. Cheng I. F., Breen K. On the ability of four flavonoids, baicilin, luteolin, naringenin, and quercetin, to suppress the Fenton reaction of the iron-ATP complex/ I. F. Cheng, K. Breen // Biometals. - 2000. - V. 13. - P. 77-83.
65. Лобанова А.А. Исследование биологически активных флавоноидов в экстрактах из растительного сырья / А.А. Лобанова, В.В. Будаева, Г.В. Сакович // Химия растительного сырья. -2004. - №1. - С.47-52.
66. Куркин В.А. Флавоноиды как биологически активные соединения лекарственных соединений / В.А. Куркин, А. В. Куркин, Е.В. Авдеева. // Фундаментальные исследования. -2013. -№ 11-9. – С. 1897-1901.
67. Прусакова Л.Д. Роль фенольных соединений в растениях / Л.Д. Прусакова, В.И. Кефели, С.Л. Белопухов, В.В. Вакуленко, С.А. Кузнецова // Агрохимия. – 2008. – №7. – С. 86-96.
68. Тарабанько В.Е. Новые высокооктановые компоненты бензинов из растительного сырья, Черняк М.Ю., Кузнецов Б.Н. // Химия растительного сырья. -2002. -№2. -С. 5–15.

69. Садыков Ю.Д. Биологически активные вещества дикорастущих лекарственных растений Таджикистана: Содержание, биосинтез и практическое использование: дис. д-ра биол. наук / Ю.Д. Садыков. – Душанбе, 2003. – 323 с.
70. Еськин А.П., Левданский В.А., Полежаева Н.И. Метод количественного фотометрическим определения дигидрокверцетина/ А.П. Еськин, В.А. Левданский, Н.И. Полежаева // Химия растительного сырья. -1998. -№3. -С. 41-46.
- 71.Сажина Н.Н. Определение антиоксидантной активности различных биоантиоксидантов и их смесей амперометрическим методом / Н.Н. Сажина // Химия растительного сырья. 2016.- №4.- С.71-76.
- 72.Шалашвили А. Г. Метаболизм фенольных соединений в высших растениях / А.Г.Шалашвили // Тез. докл 2 съезда Всесоюз. о-ва физиологов растений.- Москва 1990 г. -М., 1990. -С. 97.
73. Новиков, Н. Н. Биохимия растений / Н. Н. Новиков. - М.: Колос, 2012. – 679с.
74. Mink M. Biochemistry of Plant Secondary Metabolism– 2nd Ed / M. Mink // Annual Plant Reviews. - 2010. - V. 40. – 464 p.
75. Князьков И.Е., Лобанова Е.С., Носов А.М. // Физиология растений. 1994. Т. 41. № 6. -С. 896-902.
- 76.Штрыкова В.В. Получение биологически активных веществ из растительного сырья: лабораторный практикум / В.В. Штрыкова. -Томск: Издательство Томского университета, 2010. – 51 с.
- 77.Чернов Ю.Н. Полифенольные соединения: структура, свойства и прикладные аспекты применения / Ю.Н. Чернов, А.В. Бузлама, Ю.М. Дронова // Фарматека.- 2004. -№8. -С. 43-48.
- 78.Семенов А.А. Очерк химии природных соединений / А.А. Семенов. – Новосибирск.: Наука Сибирская издательская фирма РАН, 2000. -664 с.

79. Boerjan W. Lignin biosynthesis / W. Boerjan, J. Ralph, M. Baucher // *Annu. Rev. Plant Biol.* -2003. -V. 54. -P. 519–546.
80. Evstegneev E., Mayorova H., Platonov A. Lignin funtionalization and the alkaline delignification rate / E. Evstegneev, H. Mayorova, A. Platonov // *TAPPI Journal.* -1992. -V. 75. -№5.-P.177-182.
81. Jongerius A. L. Catalytic Conversion of Lignin for the Production of Aromatics/ A. L. Jongerius // Utrecht, Gildeprint Drukkerijen. -2013. -244 p.
82. Vermerris W. Phenolic compound biochemistry / W. Vermerris// R. Nicholson. Springer, 2006. - 285 p.
83. Медведев Ю. В. Определение гидроксикоричных кислот в лекарственном растительном сырье и объектах растительного происхождения/ Ю. В. Медведев, О. И. Передеряев, А. П. Арзамасцев и др. // *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии.* — 2010. — № 3. — С. 25–31.
84. Данилова Н. А. Количественное определение дубильных веществ в корнях щавеля конского методом спектрофотометрии в сравнении с методом перманганатометрии / Н.А. Данилова, Д.М. Попов // *Вестник Воронежского..* - 2004.- № 2. -79 с.
85. Федосеева Л. М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergeniacrassifolia* (l.) fitsch.), произрастающего на алтае / Л. М. Федосеева // *Химия растительного сырья.* -2005. - № 3. -С. 45–50.
86. Захарова Т.К. Определение содержания дубильных веществ в дикорастущих растениях / Т.К. Захарова, Л.С. Суркова, И.Г. Демидчик // *Ботанические исследования в Сибири.* –2009. - № 17. – С.24 – 28.
87. Патент №2439568 РФ, МПК А6136/00. Способ определения дубильных веществ в растительном сырье / Самылина И.А., Абоянц Р.К., Гринко Е.Н.; заявитель и патентообладатель. -Московский государственный медицинский университета. -№243968; заявл.12.10.2010; опубл. 10.01.2012, Бюл.№2. -2с.

88. Валиева А.И. Вторичные метаболиты растений: физиологические и биохимические аспекты / А.И. Валиева, И.Р. Абдурахимова. // (часть 3 Фенольные соединения) Казань, КФУ. 2010.- 40 с.
89. Катанская В.М. Локализация фенольных соединений в каллусных культурах рододендронов. / В.М. Катанская, Н.В. Загоскина. Фенольные соединения: функциональная роль в растениях М.: Изд. PRESS-BOOK.RU. 2018. - С.178-181.
90. Хелдт Г.В. Биохимия растений /Г.В. Хелдт. -М., 2011.- 471 с.
91. Николаев А.Я. Биологическая химия: / А.Я. Николаев. – 3-е изд. – М.: Мед. информ. агенство, 2004. – 566 с.
92. Гончарик Н.И. Состав и содержание фенольных соединений в вегетативных и генеративных органах яровой пшеницы / Н.И. Гончарик. // Тез. док.VI симпозиума по фенольным соединениям, 2004. – С. 24.
93. Будкевич, В. Фенольные соединения: функциональная роль в растениях./ В .Будкевич, Н. Прохоров. – М.: Изд. // PRESS-BOOK.RU, 2018. – 64-68 с.
94. Flavonoids and related compounds / J.P. Spencer, A Crozier, bioavailability and function. FL: CRC Press. – 2012. – P. 452.
95. Корулькин Д.Ю. Природные флавоноиды / Д.Ю.Корулькин, Ж.А. Абилов, Г.А. Толстиков. - Новосибирск: Наука. 2007. – 296с.
96. Племенков В. В. Введение в химию природных соединений / В. В. Племенков – Казань, 2001. –223 с.
- 97 . Phenol propanoid biosynthesis / Tomas Vogt. Molecular Plant, – 2010. – V.3, N1, – P. 2-20.
98. Биологически активные вещества растительного происхождения / Б.Н. Головкин. – М.: Наука, 2001. – 368 с.
99. Шипилова С. В. О внутриклеточной локализации биосинтезе фенольных соединений: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. био наук / С. В. Шипилова – М., 1980. – 23 с.
100. Фенольные соединения растений и их биосинтез / М.Н. Запрометов. – М.: ВИНТИ, 1988. – 118 с.

101. Фенольные соединения растений: биосинтез, превращения и функции / М.Н. Запрометов. – М.: Наука, 1985, – 143–162 с.
102. Биологически активные вещества лекарственных растений / В. П. Георгиевский, Н.Ф. Комиссаренко, С.Е. Дмитрук. Новосибирск.: Наука, 1990. – 333 с.
103. Кудрявцев Г.П. Химия природных соединений: Учебно-методический комплекс для студентов биологических специальностей / Г. П. Кудрявцев, О.В. Мусатова. – Витебск, 2009. –19-99 с.
104. Биохимия [Текст]: учебник. / Н. А. Жеребцов, Т. Н. Попова, В. Г. Артюхов. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2002. – 696 с.
105. Biosynthesis of shikimate metabolites / P.M. Dewick // Natural Product Reports. – 1995. –V.12. – P.579-607.
106. Knaggs A.R. The biosynthesis of shikimate metabolites /A.R.Knaggs//Nat.Prod.Rep-2003.-V.20.-P.119-136.
107. Herrmann K. M. The shikimate pathway: early steps in the biosynthesis of aromatic compounds // The Plant Cell. 1995. V. 7. P. 907–919.
108. Запрометов М. Н., Николаева Т.Н. Способность изолированных хлоропластов из листьев фасоли осуществлять биосинтез фенольных соединений. / М.Н. Запрометов, Т.Н. Николаева. // Физиология растений, 2003, 50: - 699-702.
109. Запрометов М. Н. Фенольные соединения растений: биосинтез, превращения и функции // Новые направления в физиологии растений. М.: Наука. 1985. с. 143–162.
110. Николаев А.Я. Биологическая химия: учебник / А.Я. Николаев. – 3-е изд. – М.: Мед. информ. агенство, 2004. – 566 с.
111. Олениченко Н.А. Фенольные соединения и устойчивость мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к низкотемпературному воздействию. Диссертации кандидата биологических наук. М.: ИФР РАН. -2006.-131с.

112. Vertuani S., Angusti A., Manfredini S. The antioxidants and pro-antioxidants network: an overview// Current pharmaceutical design. -2004. –Vol 10, no.-14. - P.1677-1694.
113. Шоринг Б.Ю., Полещук С.В. и др. Действие антиоксидантов на рост и развитие растений. // Известия АН. Серия Биологическая, 1999, №1. - С.30-38.
114. Зенков Н. К. Фенольные антиоксиданты / Н. К. Зенков, Н. В. Кандалинцева, В. Э. Ланкин, Е. Б. Меньшикова, А. Е. Просенко. Новосибирск: Сиб. отд-ние РАМН, 2003. 328 с.
115. Рябина Е.И., Зотова Е.Е., Ветрова Е.Н., Пономарева Н.И., Илюшина Т.Н. Новый подход в оценке антиоксидантной активности растительного сырья при исследовании процесса аутоокисления адреналина // Химия растительного сырья. - 2011. - № 3. - С. 117-121.
116. Korotkova, E. I. Study of antioxidant properties by voltammetry / E.I. Korotkova, Y.A.Karbainov, A.V. Shevchuk //J. Electroanalytical chem. – 2002.- Vol.518, №1.- P.56-60.
117. Foyer C. H., Noctor G. Oxidant and antioxidant signalling in plants: a re-evaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context // Plant Cell Envir. 2005. Vol. 28. P. 1056-1071.
118. Vinson Joe A., Hao Yong, Su Xuehui, ZubikLigia Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables // J. Agr. and Food Chem. 1998. Vol. 46. No 9. P. 3630-3634.
119. Poulter J. Antioxidants in tea // BNF Nutr. Bull. – 1998. – Vol. 23. – P. 203-210.
120. Лапин А.А., Борисенков М.Ф., Карманов А.П. и др. Антиоксидантные свойства продуктов растительного происхождения // Химия растительного сырья. 2007. № 2. С. 79–83.

121. Махмуджанов А., Мирзорахимов А. Новый сорт средневолокнистого хлопчатника Хисор. / А.Махмуджанов, А. Мирзорахимов. Душанбе: ТАСХИ, 1992. 2-3с.
122. Махмуджанов А. Новый сорт средневолокнистого хлопчатника Мехргон / А. Махмуджанов, Душанбе, 1992. - 11 с.
123. Джабаров Х., Саидов С.Т. Генетические основы мутационной селекции хлопчатника (*Gossypium hirsutum* L.) Учебное пособие. - Душанбе. Изд. ТАУ, 2001. - 78 с.
124. Абдуллаев, Х.Х.Каримов, Ш.Т. Бурнашев //Физиологические тесты в селекции растений. - Душанбе: Дониш, 1994. - С.24-33.
125. Сангинов Б. С. Селекция тонковолокнистого хлопчатника в Таджикистане / Б. С. Сангинов - М., 1981. -137 с.
126. Рахимова Ф.А. Физико-химические и биологические свойства фенольных соединений некоторых растений и их применение дисс. на соискание уч.ст. к.б.н., Душанбе, 2012, 163 с.
127. Федосеева, Л.М. Выделение некоторых фенольных соединений и идентификация арбутина из листьев бадана / Л.М.Федосеева, Т.С.Малолеткин // Химия растительного сырья. -1999. - № 2. - С.109-111.
128. Лобанова, И.Ю. Выделение и изучение состава флавоноидов листьев осины обыкновенной / И.Ю.Лобанова, В.Ф.Турецкова // Химия растительного сырья. - 2011. -№ 2. - С. 117–122.
129. Жматова Г. В. Методы интенсификации технологических процессов экстрагирования биологически активных веществ из растительного сырья / Г. В. Жматова // Вестник ТГТУ. - 2005. -Т. 11, - № 3. – С.1085-1090 с.
130. Лобанова А.А. Исследование биологически активных флавоноидов в экстрактах из растительного сырья / А.А.Лобанова, В.В. Будаева / Химия растительного сырья. -2004. - №1. -С.47-52.

131. Рябина Е.И. Сравнительное исследование мелиссы лекарственной и шалфея лекарственного на содержание полифенолов / Е.И.Рябина, Е.Е. Зотова, Н.И. Пономарева // Вестник ВГУ. – 2009. – № 2.-С.49-53.
132. Кузнецова С.А. Получение дубильных веществ, красителей энтеросорбентов из луба березовой коры/ С.А. Кузнецова, В.А. Левандский, Т.В. Кузнецов, М.Л. Щипко, Т.В. Рязанова, Н.М. Ковальчук // Химия в интересах устойчивого развития. -2005. -№13 -С.401-409.
133. Выделение и анализ природных биологически активных веществ. Под ред. Сироткиной Е.Е., Изд-во Томского ун-та, Томск. 1978. - 184 с.
134. Тараховский Ю.С. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина / Ю.С. Тараховский, Ю.А. Ким, Б.С.Абдрасилов, Е.Н.Музафаров. Пушино: Synchronobook.- 2013. – 310 с.
135. Ожигова, М.Г. Количественное определение суммарного содержания флавоноидов в листьях *Urtica dioica* (Urticaceae) спектрофотометрическим методом / М.Г. Ожигова, М.В. Богма, Л.С. Теслов // Растительные ресурсы. - 2006. - Т. 42, № 2. - С. 126-130.
136. Бирюкова Н.М. Исследование состава и содержания флавоноидов и фенолкарбоновых кислот растений рода *BUPLEURUM* L. культивированных в Беларуси. / Н.М. Бирюкова, А.М.Островская, В.Г.Соколов, Л.В. Кухарева, В.А.Игнатенко, Т.В.Гиль // Вестник фармации. – 2011. - №4 (54). – С.23-30.
137. Гаврилин М.В. Определение суммы фенольных соединений в мужских соцветиях каштана посевного и оценка их противовоспалительной активности. / М.В.Гаврилин, Ю.В.Гриценко, А.Ю.Терехов // Химия растительного сырья. – 2011. - №3. - С.163-166.
138. Сажина Н.Н. Измерение суммарного содержания фенольных соединений в различных частях лекарственных растений. / Н.Н.Сажина, В.М.Мисин // Химия растительного сырья. – 2011. - №3. - С.149-152.
139. Овчинников С.Я., Орловская Т.В. Количественное определение суммы фенольных соединений в корневищах и корнях любистка лекарственного/ С.Я

- .Овчинников, Т.В.Орловская // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014- №5-1. –С.148-149.
140. Яковлева К.Я. Характеристика растительных фенольных соединений методом вольтамперометрии / К.Я.Яковлева, С.А.Курзеев, Е.В.Степнова, Т.В.Федорова, Б.И.Кузнецов, О.В.Королева // Прикладная биохимия и микробиология. -1998. -Т.43, №6. -С.730-735.
141. Цыпленков В.П. Определение химического состава растительных материалов / В.П. Цыпленков, А.С. Федоров, Т.А. Банкина, Н.Н.Федорова. -СПб.: Изд-во СПбГУ, 1997. -152 с.
142. Краснов Е.А. Выделение и анализ природных биологически активных веществ/ Е.А.Краснов Т.П. Березововская. Н.В.Алексеюк. –Томск: Изд-во Том. Ун-та,1987.-184с.
143. Сирота Н.Н. Новый подход в исследовании процесса аутоокисления адреналина и использование его для измерения активности супероксиддисмутазы / Т.В. Сирота // Вопросы медицинской химии. – 1999. – Т. 45. – №3. –С. 109–116.
144. Хасанова С. Р. Сравнительное изучение антиоксидантной активности растительных сборов / С. Р. Хасанова, Т. И. Плеханова, Д. Т. Гашимова, Э. Х. Галиахметова, Е. А. Клыш// Вестник ВГУ, Серия: Химия, биология, фармация. – 2007. - № 11. – С.163-166
145. Исмаилов А. Химическое исследование госсипола - специфического пигмента хлопчатника: дис. канд. хим. наук/ А.Исмаилов. Ташкент, 1960. - 90 с.
146. Sahu N. K. Exploring pharmacological significance of chalcone scaffold / N.K.Sahu, S.S.Balbhadra, J.Choudhary, D.V.Kohli // a review, Curr. Med. Chem. – 2012. –V. 19. – P.209–225.
147. Тураева Г.Н. Применение фенольных соединений в качестве антиоксидантов технологии жиросодержащих пищевых продуктов: дис. канд. тех. наук / Г.Н. Тураева. Душанбе, 2018, -147 с.
148. Левицкий А.П. Хлорогеновая кислота: биохимия и физиология. / А.П.Левицкий, Е.К.Вертикова, И.А.Селиванова // Микробиология и биотехнология. – 2010. - №2. – С.6-20.

149. Высочина, Г.И. Биохимические подходы к познанию биоразнообразия растительного мира / Г.И. Высочина // Сибирский экологический журнал. – 1999. – № 3. – С.207 – 211.
150. Хаитбаев А.Х. Синтез и биологическая активность некоторых алифатических производных госсипола/ А.Х. Хаитбаев // Universum: Химия и биология: электрон. научн. журн. -2015. -№ 7. –С.15-20.
151. Гиясов Т.Д. Качественный состав фенольных соединений хлопчатника/ Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов //Известия национальной академии наук Таджикистана . -2022. -№1(216). -С. 45-50.
152. Запрометов, М.Н. Фенольные соединения: Распространение, метаболизм и функции в растениях / М.Н. Запрометов. – М.: Наука, 1993. – 272 с.
153. Загоскина Н.В., Казанцева В.В., Фесенко А.Н., Широкова А.В. Накопление фенольных соединений на начальных этапах онтогенеза растений с различным уровнем плоидности (на примере *Fagopyrum esculentum*). Известия РАН. Серия биологическая, №2, Москва (2018) С.191.
154. Запрометов, М.Н., Фенольные соединения и их роль в жизни растения: 56-е имиразевское чтение / М.Н. Запрометов. – М.: Наука. – 1996. – 45 с.
155. Храмова, Е.П. Эколого-биохимические особенности пятилистника кустарникового при интродукции / Е.П. Храмова, Н.М. Шкель // Сибирский экологический журнал. – 1999. – № 3. – С. 237-244.
- 156.Бабаджанова М.А. Рибозофосфатизомераза листьев исходной формы хлопчатника сорта 108Ф и его высокопродуктивных мутанта Дуплекс/ М.А. Бабаджанова, Т.Д. Гиясов. // Доклады Академии наук Таджикской ССР. -1980. -Т 23, №12. -С.725-727.
- 157.Храмова Е. П. Сравнительное изучение фенольных соединений *Pentaphylloides fruticosa*, произрастающих на Дальнем Востоке и Забайкальском крае / Е.П. Храмова, Е. В. Андышева // От растения к препарату: традиции и современность: матер. конф. ГНУ ВИЛАР. – 2014. – С.298–301.
- 158.Кавеленова Л.М. Особенности сезонной динамики водорастворимых фенольных соединений в листьях березы повислой в условиях урбосреды в

- лесостепи (на примере Самары) / Л.М. Кавеленова, С.Н. Лещинская, Л.Н. Карандаева. // Химия растительного сырья. -2001.- №3. -С. 91–96.
159. Березина Е.В. Накопление фенольных соединений у брусники (*VACCINIUM VITIS-IDAEA* L.) и клюквы (*OXYCOCCUS PALUSTRIS* PERS., *O. MACROCARPUS* (AIT.) PERS.) в условиях *IN VIVO*, *IN VITRO* И *EX VITRO*: дис.канд. биол. наук/ Е.В. Березина. - Москва, 2019. -160с.
160. Машурчак Н.В. Влияние условий произрастания на накопление флавоноидов в природных и экспериментальных популяциях цмина песчаного (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench) в Саратовской области: автореф. дис. канд. биол. наук/ Н.В. Машурчак. – Саратов, 2010. -19с.
161. Масленников П. В. Анализ активности накопления биофлавоноидов в лекарственных растениях/ П. В. Масленников, Г. Н. Чупахина, Л. Н. Скрыпник, П. В. Федуряев, В. И. Селедцов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2014. Вып. 7.- С. 110—120.
162. Загоскина Н.В. Фенольный метаболизм в культурах растительных клеток/Загоскина Н.В// VI международная конференция "Биология культивируемых клеток и биотехнология". Москва, 1997.- С.50.
163. Арутюнян А.В. Методы оценки свободно радикального окисления и антиоксидантной системы организма / А.В. Арутюнян, Е.Е. Дубинина, Н.Н. Зыбина // СПб. МФК «Фолиант», 2000. - 104 с.
164. Крившенко Г.А. Определение антиоксидантов с помощью реакций окисления 3,3',5,5'-тетраметилбензидина персульфатом и периодатом / Г.А. Крившенко, М.К. Беклемишев // Химия растительного сырья. – 2011. - №1. - С.123-128.
165. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates/ N.J Miller [et al.] // Clin. Sci. - 1993.- № 84. P. 407-412.
166. Герасимова Е.Л. Потенциометрия в исследовании антиоксидантной активности биологических объектов // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук / Е.Л. Герасимова. –Казан, 2010. -54с.

- 167.Владимиров Ю.А. Оценка антиокислительной и антирадикальной активностей веществ и биологических объектов с помощью железоиндуцированной хемилюминесценции / Ю.А. Владимирова, М.П. Шерстнев, Т.К. Азимбаев // Биофизика. – 1992. – Т.37. - № 6. – С. 101 - 106.
- 168.Эммануэль Н.М. Антирадикальная эффективность некоторых природных фенольных соединений / Н.М. Эммануэль, Н.А. Захарова, Н.А. Тюкавкина и др. // Журнал Общей химии. - 1972. - № 6. - С. 1414-1420.
169. Рогинский В.А. Фенольные антиоксиданты: реакционная способность и эффективность. / В.А. Рогинский // – М.: Наука, 1988. - 247 с.
- 170.Бакулина О.Н. Натуральные пищевые красители. / О.Н. Бакулина // Пищевая промышленность. - 1999. - №8. С.46-48.
171. Колмакова Н.С. Последние исследования в области безопасности синтетических красителей и тенденции развития рынка / Н.С. Колмакова // Пищевая промышленность. - 2008. - № 11. - С.56-57.
172. Ковтун Л.Г. Применение природных красителей для колорирования текстильных материалов / Л.Г. Ковтун, Е.Л. Маланкина // Текстильная химия. – 1999. - №1 (16). -С.69 - 74.
173. Шагина Н.А. Разработка экологичной технологии использования природных красителей растительного происхождения в колорировании текстиля: дис. канд. тех. наук/ Н.А. Шагина. - Москва, 2015. 134 с.
174. Киселёв А. М. Экологические аспекты процессов отделки текстильных материалов/ А.М. Киселёв // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). -2002. -Т. XLVI. -№ 1.- С.20-30.
175. Икрами М.Б. О перспективности крашения текстильных материалов природными красителями / М.Б. Икрами, З.А. Яминова, П.А. Олимбойзода // Перспективы развития и применения современных технологий: сборник статей-Международной научно – практической конференции Российская Федерация. – МНЦП, 2021. -С.15-20.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах:

- [1-А]. Мехринигори Б. Способ получения красителя из корня хлопчатника/ Б. Мехринигор, Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов // Наука и инновация Таджикского национального Университета. -2019. -№ 4. -С. 256-259.
- [2-А].Мехринигори Б. Определение антиоксидантной активности сорта Гиссарского сорта растения хлопчатника /Б. Мехринигор, Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов // Вестник педагогического университета. -2019. -№ 2.-С.189-192.
- [3-А].Мехринигори Б. Получение природных антиоксидантов на основе растения хлопчатника/ Б. Мехринигор, Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов// Вестник Технологического университета Таджикистана. -2020. -№4.-С. 70-76.
- [4-А].Мехринигори Б. Компонентный состав фенольных соединений в растении хлопчатнике/ Б. Мехринигор // Вестник педагогического университета. -2021. - №3.-С. 133-140.
- [5-А].Мехринигори Б. Качественный состав фенольных соединений хлопчатника / Б. Мехринигор, Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов // Известия национальной академии наук Таджикистана. - 2022. -№1(216). -С. 45-51.

Статьи, опубликованные в материалах международных конференций и других научных изданиях:

- [6-А].Мехринигори Б. Омӯзиши раванди онтогенез ва пайвастаҳои феноли таркиби узвҳои гуногуни пахта / Б. Мехринигор, Т.Ч.Гиёсов, К.К. Мирзорахимов \\
Дастовардҳои Биохимияи муосир: Чанбаҳои назарияви ва бунёди. Маводҳои конференсияи Чумхуриявӣ. -Душанбе, 2016. -С 69 -71.
- [7-А]. Мехринигори Б. Экстракция фенольных соединений состава хлопчатника различными растворителями / Б. Мехринигор, Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов. // Материалы Республиканской конференции ТНУ посвящается 20-летию дня независимости Таджикистана Достижения современной биологии в Таджикистане. –Душанбе, 2017. -С.14-16.

- [8-А]. Мехринигори Б. Экстракция фенольных соединений / Б. Мехринигор, Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов. // Материалы Республиканской конференции ТНУ посвящается 20-летию дня независимости Таджикистана Достижения современной биологии в Таджикистане. –Душанбе, 2017. -С.16-20.
- [9-А]. Мехринигори Б. Экстраксияи пайвастагиҳои фенолӣ ва омӯзиши баъзе хосиятҳои физикавӣю химиявӣю онҳо / Б. Мехринигор, Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов // Маводи конференсияи ҷумҳуриявӣ илмӣ- назариявӣ. «Таъсири тағйирёбии глобалии иқлим ба маҳсулнокии системаҳои агроэкологии Тоҷикистон. -Душанбе, 2018. -С 24-25.
- [10-А]. Мехринигори Б. Определение антиоксидантной активности в различных органах хлопчатника / Б. Мехринигор, Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов // Материалы научно – практической конференции «Образование и наука в 21 веке современные тенденции и перспективы развития» посвященной «70-й годовщине со дня образования Таджикского национального университета». –Душанбе, 2018. -С.113-114.
- [11-А]. Мехринигори Б. Способ извлечения красителя из различных частей растения хлопчатника как экологический чистый продукт / Б. Мехринигор, Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов // Материалы Республиканской конференции. Достижения современной биохимии. –Душанбе, 2019. - С.122-124.
- [12-А]. Мехринигори Б. Извлечение фенольных соединений из стеблей растения хлопчатника / Б. Мехринигор // Электронный инновационный вестник. Международный периодический журнал научных трудов. -2019. -№5 -С. 4-5.
- [13-А]. Мехринигори Б. Антиоксидантный потенциал растения хлопчатника/ Б. Мехринигор, Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов // Материалы Международно научно – практической конференции (68-ая годовичная), посвященная «Годам развития села туризма и народных ремёсел. – Душанбе, 2020. -С.256-259.
- [14-А]. Мехринигори Б., Динамика содержания фенольных соединений в различных частях растения хлопчатника / Б. Мехринигор, Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов // Материалы республиканской научно – практической конференции ТНУ.- Душанбе, 2020. -С.125-127.

[15-A]. Мехринигори Б. Изучение антиоксидантной активности растения хлопчатника сорта Фаровон / Б. Мехринигор, Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов // Материалы республиканской научно – практической конференции на тему «Масъалаи таъмини самаранокии ҳамбастагии илм ва истеҳсолот». –Душанбе, 2020. -С.29-31.

[16-M]. Мехринигори Б. Изучение накопления фенольных соединений в пяти сортов растений хлопчатнике / Б. Мехринигор, Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов // Материалы 2-й международной научно – практической конференции «Роль женщин - ученых в развитии науки инноваций и технологий. – Душанбе, 2021. - С.178-181.

[17-A]. Мехринигори Б. Изучение физико – химических свойств пяти сортов растения хлопчатника / Б. Мехринигор, Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов // Материалы республиканской научно практической конференции Реализация ускоренной индустриализации Республики Таджикистан как четвертой цели национальной стратегии: проблемы и пути их решения. -Душанбе, 2021. -С.31-33.

[18-A]. Мехринигори Б. Суммарное содержание фенольных соединений различных органов растений хлопчатника /Б. Мехринигор, Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов // Республиканская научно – практическая конференция, посвященная 85-летию заслуженного деятеля науки и техники РТ, академика ТАСХН, д.б.н., профессора Сафарова Хабиба Муродовича. -Душанбе, 2022. - С.409-413.

[19-A]. Мехринигори Б. Влияние температуры на степень экстракции фенольных соединений / Б. Мехринигор, Т.Д. Гиясов, К.К. Мирзорахимов // Международная научная конференция «Становление и развитие экспериментальной биологии в Таджикистане», посвящённая 90-летию со дня рождения академика НАНТ Ю.С. Насырова. -Душанбе, 2022. -С. 38-39.

[20-A]. Мехринигори Б. Биологическая активность фенольных соединений в различных органах растений хлопчатника / Б. Мехринигор // Материалы III - ей Международной научно-практической конференции «Роль женщин – ученых в развитии науки, инноваций и технологий». -Таджикистан, 2022. -С. 274-280.

[21-A]. Мехринигори Б. Накопление фенольных соединений в листьях растения хлопчатника/ Б. Мехринигор, К.К. Мирзорахимов, Т.Д. Гиясов // Наука и инновация Таджикского национального Университета. -2023. -№ 4. -С. 165-170.

[22-A]. Мехринигори Б. Накопление фенольных соединений в онтогенезе растений хлопчатника / Б. Мехринигор, К.К. Мирзорахимов, Т.Д. Гиясов // Материалы Международной научно- практической конференции. -Душанбе - 2023. -С. 33-36.

МАЛЫЙ ПАТЕНТ

[23-A]. Пат. ТЈ 957(1801195) Республики Таджикистан. Способ извлечения красителя из растительного сырья /Мехринигори Б., Гиясов Т.Д., Мирзорахимов К.К. заявл. 13.04.2018; опубл. 29. 11.2018.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН				ИДОРАИ ПАТЕНТИ	
НАХУСТПАТЕНТ					
№ ТҶ 957					
БА ИХТИРОИ					
<i>Тарзи ҳосил намудани рангқунанда аз ашён хоми растанинӣ</i>					
Дорандаи нахустпатент	Донишгоҳи миллии Тоҷикистон				
Сарзамин	Ҷумҳурии Тоҷикистон				
Муаллиф(он)	Меҳриниғори Булбулназар, Ғиёсов Таввақал Ҷураевич, Мирзороҳимов Курбонали Каримович				
Аввалинати ихтироъ	13.04.2018				
Таърихи рузи пешниҳоди ариза	13.04.2018				
Аризаи №	1801195				
Дар Феҳристи давлатии ихтироъҳои Ҷумҳурии Тоҷикистон	29 ноябри	с. 2018	ба қайд гирифта шуд		
Нахустпатент этибор дорад аз	13 апрели	с. 2018	то 13 апрели	с. 2028	
		и.в. ДИРЕКТОР		 М. Исмоилов	



«Утверждаю»
Проректор по науке и внедрению
Технологического университета
Таджикистана
 Гафаров А.А.
«12» 09 2023г.

Акт

о внедрении результатов диссертационной работы в учебный процесс

Настоящий акт был составлен о внедрении в учебный процесс с целью подготовки бакалавров и магистрантов по специальностям направления «Технология продуктов питания и технология легкой промышленности» результатов диссертационной работы Мехринигор Б. «Биохимическая характеристика фенолов растения хлопчатника».

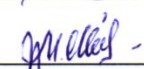
Разработка внедрена в учебный процесс инженерно – технологического факультета на кафедре химии в 2022 – 2023 учебного года. Материалы используются при разработке лекционного материала и проведении лабораторных занятий по дисциплинам «Биохимия, аналитическая химия, химия крашения», «Биохимия отрасли» для бакалавров специальности 1-49 01 01 – «Технология пищевых продуктов», 1-9101 – «Технология общественного питания», 1-5401 – «Метрология, стандартизация и сертификация», а также лекционного материала по дисциплине «Физико – химические основы производства молочных продуктов», 1-500101 – «Технология пряжи, тканей, нетканых материалов», 1-50010101 – «Технология прядения», для магистрантов этой же специальности.

Материалы диссертационной работы Мехринигор Б. позволяют повысить теоретический и практический уровень подготовки бакалавров и магистрантов специальностей направления 1-49 01 01 – «Технология пищевых продуктов», 1-54010105 – «Метрология, стандартизация и сертификация» (пищевых продуктов) и технология легкой промышленности 1-500101, 1-50010101.

Декан инженерно – технологического
факультета ТУТ

 Хакимов Г.К.

зав. кафедрой химии

 Шарипова М.Б.

«УТВЕРЖДАЮ»

**Проектор по науке и внедрению
Технологического университета
Таджикистана**

_____ **Гафаров А.А.**

«__» _____ **2023**

«УТВЕРЖДАЮ»

**Генеральный директор ООО
«ПО Нассочи точик» г.Душанбе**

_____ **Джомахмадов Х.Х.**

«__» _____ **2023**

АКТ

**производственных испытаний технологии крашения
текстильных материалов природными красителями,
выделенными из растений Таджикистана**

Мы, нижеподписавшиеся представители Технологического университета ассистент кафедры «Химии» Мехринигор Булбулназар; к.х.н., доцент Икромии М.Б.; к.х.н., доцент Мирзорахимов К. К.; к.х.н., доцента Шарипова М.Б. с одной стороны и представители ООО «ПО Нассочи точик» города Душанбе директор фабрики отделочного производства и главный инженер Азимов Д.М, начальник планового отдела Сунатов А. главный технолог и заведующий производственной лаборатории Хасанов С.М. с другой стороны составили настоящий акт о производственных испытаниях технологии беспротравного и протравного крашения целлюлозных и белковых текстильных материалов природными красителями, разработанной на кафедре «Химии» Технологического университета Таджикистана.

Технологический процесс крашения в производственных условиях проводили периодическим способом на производственной линии с использованием красителей, выделенных из растительного сырья, произрастающего в Таджикистане, по способу, также разработанному на кафедре «Химии» Технологического университета Таджикистана. Крашение проводили без протрав и с использованием протрав.

При крашении без протрав в полученный кипящий красильный экстракт помещали предварительно смоченные образцы расшлихтованной отбеленной хлопчатобумажной ткани и проводили крашение в течение 2 часов при постоянном помешивании при температуре 95-100°C и модуле ванны 1:25, соответствующем оптимальным условиям крашения, когда ткань полностью погружается в раствор и легко перемешивается. Для

улучшения выбора красителя волокном и умягчения воды в красильную ванну вводили нейтральный электролит и соду через 30 минут после начала процесса.

При крашении с использованием протрав, обработку протравами проводили перед крашением. Для протравливания использовали 1% растворы хлоридов и сульфатов алюминия, магния, железа. Для протравливания образцы ткани погружали в 1%-ный раствор соли металла при температуре раствора не выше 60°C в течение 20 мин и постоянном перемешивании. После протравливания ткань тщательно промывали и высушивали.

Окрашенные по испытуемой технологии ткани были подвергнуты физико-химическим обработкам. Полученные результаты показали, что ткани, окрашенные природными красителями по предлагаемой технологии, имеют удовлетворительный цвет, устойчивость окрасок к мокрым обработкам отвечают требованиям ГОСТов.

Заключение: Промышленная апробация показала, что предлагаемый способ окрашивания хлопчатобумажных и шелковых тканей не представляет технологических сложностей и не требует специального оборудования, по цвету и физико-химическим показателям соответствуют требованиям, предъявляемым к текстильной продукции. Предлагаемые природные красители, способ их применения и использованные протравы (соли алюминия, магния, железа) и позволяют значительно повысить экологическую безопасность, как самих тканей, так и производства. Разработанная технология, предлагаемые природные красители и протравы имеют востребованность во многих направлениях текстильной и швейной промышленности, и имеет экологическую важность так и для организма человека, также уменьшение токсичности сточных вод.

от ТУТ

ассистент кафедры «Химии»

_____ Мехринигор Б.
к.х.н., доцент

_____ Икроми М.Б.
к.х.н., доцент

_____ Мирзорахимов К.К.
к.х.н., доцента

_____ Шарипова М.Б.

ООО «ПО Нассочй точик»

Директор фабрики и главный
_____ Азимов Д.А.

Начальник планового отдела
_____ Сунатов А.

Главный технолог и зав. пр.
_____ лабораторией

_____ Хасанов С.М.