

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение города  
Москвы «Школа «Свиблово»  
Объединение «Эколог-исследователь»

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды  
«Открытие 2030»

Исследовательская работа

## **ХИМЕРИЗМ У РАСТЕНИЙ**

Выполнила:  
Захаркина Анна Денисовна,  
ученицы 9 «В» класса

Научный руководитель:  
Корепанов Максим Кириллович,  
учителя биологии ГБОУ «Школа «Свиблово»

Москва, 2022

## Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>3</b>
<b>ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ГЛАВА</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1. Растения химеры</b> .....	<b>5</b>
<b>1.1.1. Объекты исследования</b> .....	<b>6</b>
<b>1.2. Пигменты</b> .....	<b>9</b>
<b>1.3. Разделение пигментов – хроматография</b> .....	<b>11</b>
<b>2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ГЛАВА</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1. Разделение пигментов</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2. Соотношение с неявно и явно выраженным химеризмом у трех видов растений</b> .....	<b>14</b>
<b>3. ЯВЛЕНИЕ ХИМЕРИЗМА В БИОТЕХНОЛОГИИ</b> .....	<b>16</b>
<b>4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	<b>17</b>
<b>5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .	<b>18</b>
<b>6. ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	<b>19</b>

## ВВЕДЕНИЕ

В греческой мифологии химерой называлось огнедышащее чудовище, которое, по Гомеру, состояло из трех частей: спереди – лев, в середине – коза, а сзади – змея. Именно последний признак и послужил для наименования химерами растений и животных. То есть химеры – это организмы, состоящие из идиотипически разных клеток или клеточных систем. Особенность химерных растений – неравномерно распределенные клетки, содержащих пигменты по всей пластинке листа.

Впервые термин «химеризм» был применен в 1907 году немецким ботаником Г. Винклером для форм растений, которые были получены в результате скрещивания паслёна и томата. В 1909 году Э. Баур, изучая пеларгонию пестролистную, объяснил природу данного явления для растений. Наши соотечественники также внесли вклад в исследование химеризма. М. С. Навашин и Л. П. Бреславец занимались описанием естественных растительных химер.

Химеры распространены и в царстве животных. Первое «сложносочиненное» животное было сконструировано в 1984 году – искусственная «мозаика» овцы и козы, детеныш четырех родителей, часть клеток которого содержала овечий геном, а часть – козий. Также у млекопитающих иногда проявляется химеризм в крови.

### **Актуальность.**

Явление химеризма у растений – малоизученная тема. У ученых нет однозначного ответа на причины этого явления, поэтому исследование в этой области актуально. Однако, этому вопросу посвящено ряд монографий (Шевченко В.В., Гриних Л.И., 1981; Кренке Н. П., 1947).

Пестролистными или так же «химеры» называют растения, в окраске листьев которых помимо зелёного присутствуют и другие цвета (белый, розовый, кремовый, лимонный и пр.). У многих комнатных растений появление пестролистности явилось следствием вирусной инфекции.

**Цель:** доказать явление химеризма у растений разных видов анализом пигментов, выделенных методом хроматографии.

### **Задачи:**

1. Изучить явление химеризма и его происхождения;
2. Выяснить значение химеризма для использования этого явления в биотехнологии;
3. Методом хроматографии выделить пигменты в зеленых и белых (бесхлорофилльных) частях листа видов растений: *Ficus benjamina*, *Scindapsus aureus*, *Chlorophytum laxum*;
4. Выявить соотношение листьев с неявно и явно выраженным химеризмом;
5. Сравнить полученные результаты и сделать вывод.

### **Методы исследования:**

- Наблюдение и эксперимент;
- Анализ данных методом статистической обработки;

- Работа с литературой и Интернет-ресурсами, сбор материалов по теме;
- Сопоставление результатов исследования.

**Объекты исследования:** растение Фигус бенджамина (*Ficus benjamina*), Сциндапус золотистый (*Scindapsus aureus*), Хлорофитум лаксум (*Chlorophytum laxum*).

**Гипотеза:** в белых частях химерного растения присутствует хлорофилл.

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ГЛАВА

### 1.1. Растения химеры

Химеры в биологии – организм или часть организма, состоящие из генетически разнородных тканей.

Химеры иногда характеризуют как пестролистныe растения (иногда употребляется понятие вариегатные растения, от англ. *variegated* «разноцветный», «пёстрый», «пятнистый») – растения, вегетативные органы которых состоят как из клеток с нормальным генетическим составом, так и мутантных клеток, которые отличаются неспособностью синтезировать хлорофилл. Внешне эти нарушения проявляются в форме возникновения на стеблях и листьях участков другой окраски (обычно светлой). Поскольку в тканях пестролистных растений присутствуют клетки более чем одного генотипа, эти растения относятся к биологическим химерам.

Химеры бывают искусственные и естественные. Искусственные химеры подразделяют на прививочные, стимуляционные и гибридизационные химеры. Классификация естественных систем: случайные, побочно-наследственные, производно-наследственные, истинно-наследственные [8,9].

Химеры могут возникать в природе в результате спонтанных мутаций соматических клеток, в экспериментальных условиях, а также среди растений-регенерантов и в результате прививок. При половом размножении возможно наследование химерности, возникающей при нестабильности аллелей. В этом случае наследование признаков не подчиняется менделевским законам и считается нестабильной мутацией. В природе химеры редки, возникают, как правило, в результате случайной гибридизации и механических повреждений [7].

Химеры более распространены у растений, размножаемым вегетативным способом, так как лишь при этом способе химерность сохраняется достаточно долго.

Первые искусственные химеры были получены случайно, при прививках в садоводстве, и притом достаточно давно. Еще в 1644 г. была получена химера между померанцем и цедратом – *Bizzaria orange*. В 1907 году Винклер сообщил об экспериментально полученной химере с черным пасленом и томатом.

Периклиналиные химеры более часто встречаются в природе, что объясняется их большей стабильностью. Нередко они обнаруживаются среди размножаемых вегетативно сортов декоративных растений. Так, *Juniperus davurica* 'Expansa Variegata' является периклиналиной химерой, у которой внешние ткани генотипически альбиносные, а внутренние состоят из хлорофиллоносных клеток. Взаимодействие между компонентами химер и переход различных веществ из одного компонента в другой могут приводить к различным аномалиям развития и иногда к бесплодию химеры [10].

В практике садоводов химеры, возникшие случайно в результате прививок (т. н. пестролистность), воспроизводят вегетативным

размножением заново из поколения в поколение (например, химеры между пурпурным раkitником и золотым дождём – т. н. Раkitник Адама, химеры между померанцем и лимоном). Исследователи применяют различные химеры между мушмулой и боярышником.

Разделение химер в культуре тканей. Культура тканей растений позволяет размножать растения от очень маленьких фрагментов ткани и в некоторых случаях даже от единичных изолированных клеток (культура протопластов). Когда эти методы применяются на химерных растениях, технология культуры тканей предлагает беспрецедентный инструмент для "разбиения" или разделения химер для морфологического изучения составляющих их генотипов. Факт, что химеры могут разделиться при формировании адвентивных почек с сопутствующим нарушением расположения слоев в верхушечной меристеме, создает серьезные проблемы в использовании этой технологии для быстрого клонального размножения.

В ботанике выделяют несколько видов химеризма в царстве Растений (Таблица 1).

Таблица 1. Виды химеризма у растений

Мозаичная	Секториальная	Периклиальная	Мериклиальная
			
генетически разные ткани образуют тонкую мозаику.	разнородные ткани расположены крупными участками.	ткани лежат слоями друг над другом.	ткани состоят из смеси секториальных и периклиальных участков.

### 1.1.1. Объекты исследования

Для данного исследования мною были выбраны три объекта, для которых характерна пестролистность:

#### *Сциндапус золотистый (Scindapsus aureus)*

Сциндапус золотистый – многолетнее, травянистое растение с лазающими при помощи придаточных корней стеблями. Наиболее широко культивируются формы эпипремнума с цельными сердцевидными, неравнобокими листьями, имеющими золотистый оттенок и достигающими длины до 15 см. Сциндапусы достаточно неприхотливы в культуре.

Это азиатское полегающее растение имеет несколько разновидностей с белыми и желто-зелеными листьями. Он широко распространен в теплых

тропических леса Юго-Восточной Азии, Южной Америки, в Таиланде и на островах Тихого океана.

**Хлорофитум лаксум (Chlorophytum laxum)**

Хлорофитум родом из Южной Африки, он эпифит, то есть растет на стволах других деревьев. Настоящих корней у хлорофитума нет – только корневища, в которых он активно запасает влагу. Поэтому он хорошо переносит длительные засушливые периоды и отсутствие регулярных поливов. Листовые пластины у хлорофитума узкие, длинные, светло-зеленые, иногда с белыми или желтыми полосками. Куст невысокий, до 60 см в диаметре. Всего в природе существует около 200 видов хлорофитума (Таблица 1). Для него характерна периклиальная химера.

Таблица 1. Основные сорта хлорофитума

Вид растения	Фото	О растении
Хохлатый или комосум		<p>В центре каждой листовой пластины проходит одна ярко-белая широкая полоска или несколько узких полос. Когда цветок выпускает стрелку 80-100 см, на ней появляется 5-7 белых цветочков.</p>
Кудрявый (Bonnie)		<p>У этого сорта хлорофитума листья достигают 60 см в длину и не более 3 см в ширину. Листья формируют плотные прикорневые розетки, из которых выпускают короткие многочисленные цветоносы.</p>
Крылатый или оранжевый (орхидозвездный).		<p>Листовые пластины у него широкие, эллипсовидной формы, заостренные на концах. В высоту 30-40 см. Листовые черешки мясистые, ярко-оранжевого</p>



		цвета, из-за чего этот вид и получил свое название.
--	--	---



**Фигус бенджамина (*Ficus benjamina*)**

Вечнозеленое дерево или кустарник, в дикой природе вырастает до 25 м в высоту. Распространён в Индии, Китае, Юго-Восточной Азии, на Филиппинах, на севере Австралии. Это периклиальная химера, образованная двумя линиями клеток: нормальными хлорофиллпродуцирующими (зелёные участки) и мутантными с низким числом хлоропластов (белые участки).

Имеется множество сортов с листьями разных размеров, окрасок и форм. Самые популярные у российских цветоводов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Основные сорта фикуса

Вид растения	Фото	О растении
Вид: Кинки – Kinky		Невысокий (до 40 см) пестролистный вид фикуса Бенджамина. Его название в переводе на русский язык означает «кудрявый». Листья Кинки имеют средние размеры (до 4-х см в длину).
Старлайт – Starlight		Сорт с пестрыми листьями 4–6 см в длину. Белые или бело-кремовые пятна и полосы на листовой пластинке. Некоторые листья полностью лишены зеленого окраса.

<p>Голден Кинг <i>figus Golden King</i></p>		<p>Сорт имеет темные листья округлой формы, края которых имеют лимонный цвет. Для этого сорта характерен быстрый рост.</p>
<p>Николь <i>figus Nicole</i></p>		<p>Край листовой пластины белый и более широкий. Ствол немного изогнут, ветки «смотрят» вверх.</p>

## 1.2. Пигменты

Пигменты – это красящие вещества, обуславливающие окраску растений.

В клетках растения содержатся хлоропласты, в которых заключены некоторые пигменты окраски, основным из которых является хлорофилл – он и делает растительную клетку зелёной. Отсутствие в клетке хлорофилла меняет её окраску, а совокупность таких клеток делает некоторые участки листа отличными по цвету от основного фона. Помимо хлорофилла листья растений содержат оранжево-желтые пигменты ксантофилл и каротин, которые также участвуют в процессе фотосинтеза. Некоторые растения содержат еще сине-красный пигмент антоциан, но он не участвует в синтезе питательных веществ. Желтые и кремовые листья содержат хлорофилл в гораздо меньшей концентрации, чем зеленые. Этого бывает достаточно для жизни растения, при условии, что оно получает много света. Растения со светлыми и золотисто-зелеными листьями растут медленнее, чем их зеленолистные сородичи. Чаще всего пигменты отсутствуют только в части листа, а оставшаяся часть сохраняет зеленую окраску. Такие листья называют пестрыми. Белые или желтые участки располагаются беспорядочно, в виде крапа, или образуют узор, обычно вдоль жилок или по краю листа. При подходящих условиях растение сохраняет пестролистность всю свою жизнь.

Таким образом, пестролистность обусловлена, отсутствием или недостатком хлорофилла в группе растительных клеток., а также присутствием других пигментов: жёлтую окраску определяет каротин, красную - ксантофилл, розовую - антоциан. Белый цвет свидетельствует об отсутствии красящего пигмента.

Зеленая окраска растений объясняется присутствием в них хлорофиллов, которые принимают участие в фотосинтезе. Они обладают бактерицидными свойствами. Кроме того, в состав хлорофилловых зерен входит пигмент ксантофилл желтого цвета, каротиноиды – пигменты темно-красного или оранжевого цвета, а иногда и красный пигмент ликопин.

Пожалуй, практически любой школьник средней школы знает про хлорофилл (от греч. «хлорос» – зеленый и «филлон» – лист) – пигмент растений, необходимый для фотосинтеза. За счет этого соединения представитель растительного мира может поглощать свет солнца. Впрочем, на нашей планете не только растения не могут существовать без хлорофилла. Как показали дальнейшие исследования, это соединение совершенно незаменимо для человечества, так как обеспечивает естественную защиту от раковых процессов. Доказали, что пигмент угнетает канцерогены и гарантирует ДНК защиту от мутаций под влиянием отравляющих соединений.

Хлорофилл недолговечен. Эти молекулы очень хрупкие. Солнечные лучи ведут к гибели пигмента, но зеленый лист в силах генерировать новые и новые молекулы, замещающие отслуживших свое товарищей. В осенний сезон хлорофилл более не вырабатывается, поэтому листва теряет свой цвет. На первый план выходят другие пигменты, до этого скрытые от глаз внешнего наблюдателя. Так же у высших растений обнаружены: *хлорофилл а*; *хлорофилл b*; *хлорофилл с*; и *хлорофилл d*.

Каротиноиды (от греч. *eidos* -вид и лат. *carota* – морковь) – природные органические пигменты, синтезируемые бактериями, грибами, водорослями, высшими растениями и коралловыми полипами, окрашены в желтый, оранжевый или красный цвета. К 2012 году было описано около 600 различных каротиноидов. Примерно 50 каротиноидов обнаружены в пищевом рационе человека, из которых только 10 присутствуют в плазме крови в ощутимых количествах. Каротиноиды выполняют функции антиоксидантов в организме человека. Каротиноиды являются провитаминами А, метаболическими предшественниками витамина А; наиболее важным среди них является β-каротин.

Фикобилины (от греч. *φύκος* – водоросли и лат. *bilis* – желчь) – тетрапиррольные пигменты (билины) красных водорослей, криптофит и цианобактерий (синезелёных водорослей). Фикобилины поглощают лучи в зеленой и желтой частях солнечного спектра. Фикобилины поглощают энергию света и, подобно каротиноидам, передают ее на молекулу хлорофилла, после чего она используется в процессе фотосинтеза. Наличие фикобилинов у водорослей является примером приспособления организмов в процессе эволюции к использованию участков солнечного спектра, которые проникают сквозь толщу морской воды (хроматическая адаптация). Как известно, красные лучи, соответствующие основной линии поглощения хлорофилла, поглощаются, проходя через толщу воды. Наиболее глубоко проникают зеленые лучи, которые поглощаются не хлорофиллом, а фикобилинами.

### 1.3. Разделение пигментов – хроматография

Хроматография – метод разделения и анализа смесей веществ, а также изучения физико-химических свойств веществ. Впервые это на колонке с сорбентом (толченый мел, сахарная пудра) проделал в 1903 году русский ученый Михаил Семёнович Цвет. Он изобрел принципиально новый метод для разделения пигментов, который позволил ему выделить хлорофилл а, хлорофилл б и получил три фракции желтых пигментов. Метод адсорбционной хроматографии, который был разработан М. С. Цветом для изучения пигментов фотосинтеза, произвели революцию в аналитической химии и стал основным методом разделения веществ, используемым в современных научных исследованиях и промышленности. Из листьев пигмент экстрагируют спиртом или другими органическими растворителями. Из экстракта отдельные пигменты можно выделить методом хроматографии.

В зависимости от техники выполнения (характеру процесса) выделяют следующие виды хроматографии:

1. Колоночную (неподвижная фаза находится в колонке);
2. Плоскостную (планарную) – бумажную и тонкослойную (неподвижная фаза – лист бумаги или тонкий слой сорбента на стеклянной или металлической пластинке);
3. Капиллярную (разделение происходит в плёнке жидкости или слое сорбента, размещённом на внутренней стенке трубки);
4. Хроматографию в полях (электрических, магнитных, центробежных и других сил).

## 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ГЛАВА

### 2.1. Разделение пигментов

Разделение пигментов основано на различной скорости их продвижения с растворителем. Это обусловлено различной адсорбцией пигментов на бумаге и частично – разной растворимостью в бензине и массой молекул. Эмпирическая формула хлорофилла а –  $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ , хлорофилла б –  $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$ . Каротин ( $C_{40}H_{56}$ ) имеет большое сродство с бензином. Ксантофиллы ( $C_{40}H_{56}O_2$ ) лучше растворяются в этаноле, чем в бензине.

В ходе, проделанном работе, мною было выбрано три объекта исследования (листья 3-х видов растений с химеризмом) (Приложение 1).

#### Ход работы:

1. Я приготовила спиртовую вытяжку из свежих листьев растения трех видов. Навеска растительного материала составила 2–3 г. (Приложение 2)
2. В качестве сосуда я использовала химический стакан, который нужно плотно накрыть чашкой Петри. Главное условие: на горлышко сосуда заранее при помощи скотча прикрепить нитку. Нитка должна провисать свободно, чтобы можно было на нее повесить полоску фильтровальной бумаги и прикрыть сосуд крышкой или чашкой Петри.
3. Для разгонки пигментов листа я использовала бензин. Лучше купить бензин для зажигалок.
4. Растворитель я налила на дно сосуда слоем около 3 см, сосуд закрыла и в таком виде выставила на стол. Перед проведением работы банка или стакан должны насытиться парами растворителя хотя бы 30 минут. Не разрешайте школьникам надолго открывать крышку! (Приложение 3).

Хорошо высушенную хроматограмму поместить в строго вертикальном положении в камеру, на дне которой находится чашка Петри с растворителем так, чтобы растворитель не касался зоны пигментов. Камеру герметично закрыть. Через 10–15 мин растворитель поднимется на 10–12 см. Смесь пигментов при этом разделится на отдельные компоненты в виде полос, расположенных в следующем порядке: первый снизу – хлорофилл б, над ним – хлорофилл а, затем – ксантофилл. Каротин продвигается вместе с фронтом растворителя быстрее других компонентов, и зона его на бумаге располагается выше всех других пигментов.

5. Для нанесения пигментов можно использовать тонкие капилляры, пастеровские пипетки, шприцы с тонкой иглой («инсулиновые»), а также срезанную наискосок трубочку для коктейля (получается что-то вроде пера, которым можно наносить пигменты на линию старта). Я использовала шприц.

Мною было получены три хроматограммы.

На полученных хроматограммах, нашла зоны пигментов и подписала их (Рисунок 1-3).

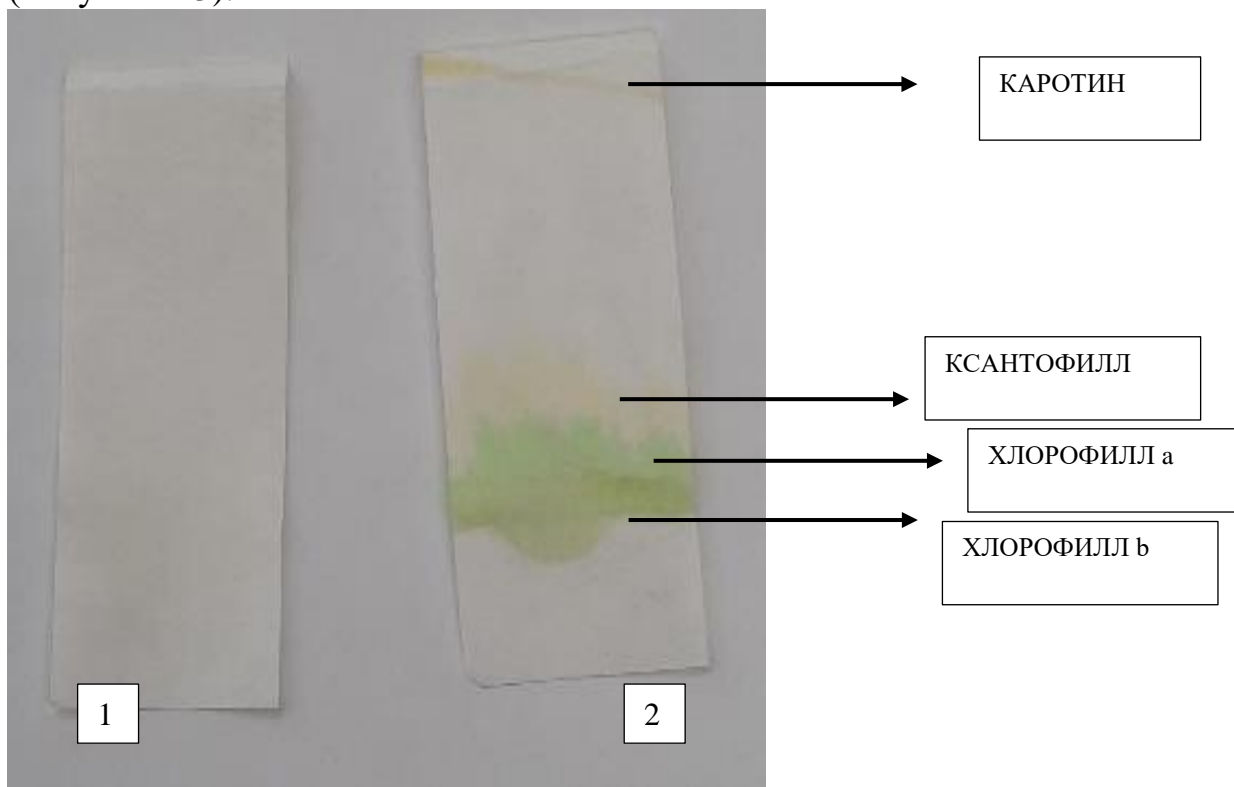


Рисунок 1 – Хроматограммы с разделенными пигментами Сциндапсусу золотистого. 1 – из белых участков, 2 – из зеленых участков

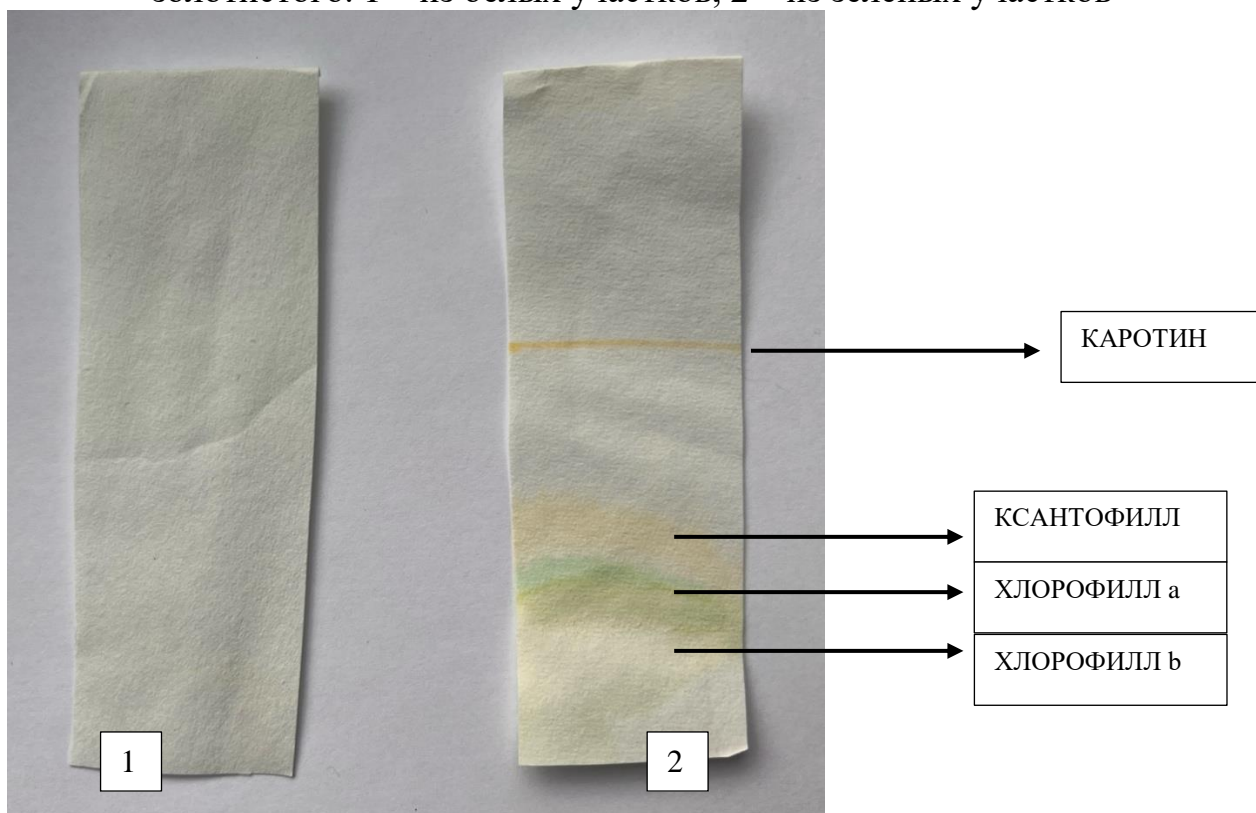


Рисунок 2 – Хроматограммы с разделенными пигментами Хлорофитума лаксум. 1 – из белых участков, 2 – из зеленых участков

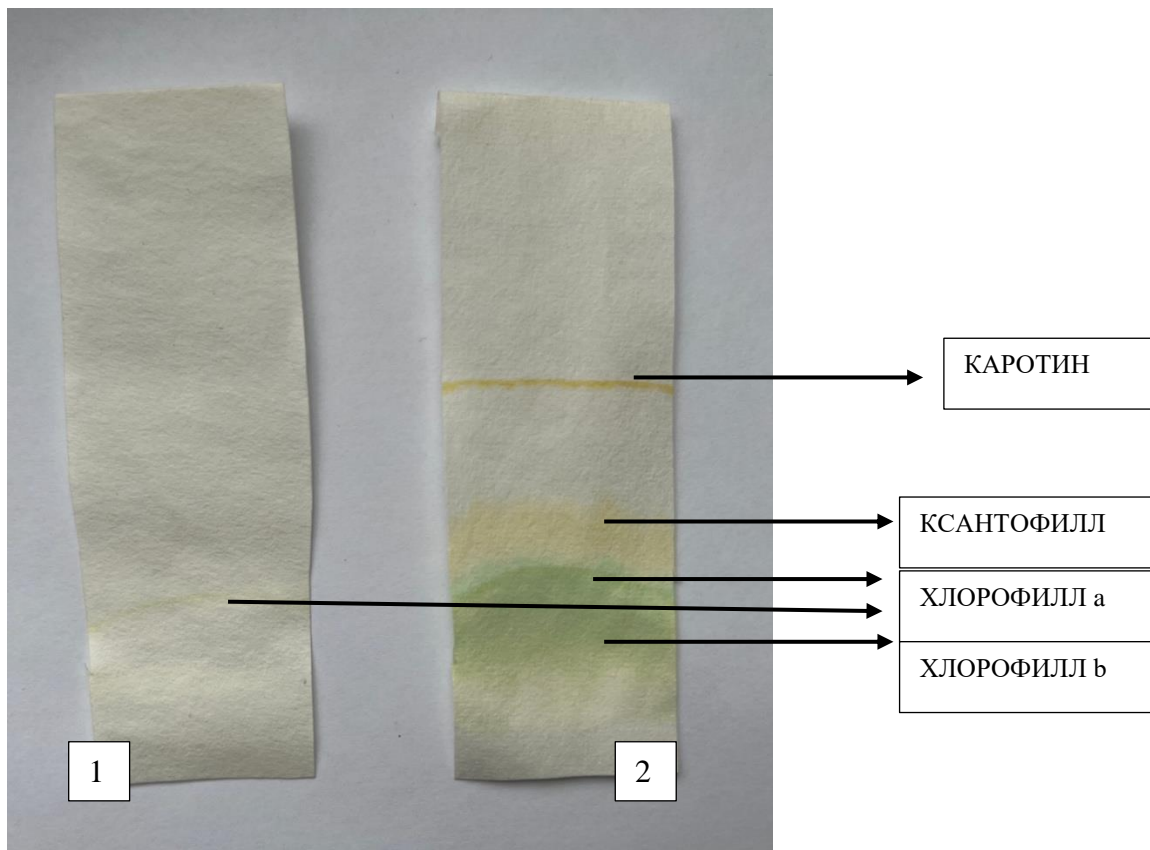


Рисунок 3 –Хроматограммы с разделенными пигментами Фикуса бенджамина. 1 – из белых участков, 2 – из зеленых участков

На полученных трех хроматограммах, из зеленых участков листьев хорошо различимы 4 пигмента, которые в норме присутствуют в зеленых частях растения. На двух из трех хроматограммах, выделенных из белых (химерных) участков листьев не различимы пигменты. Однако у Фикуса бенджамина, можно выделить пигмент хлорофилл а. Это указывает, что для данного вида характерен мериклиальный вид химеризма, это можно рассмотреть, если взять лист (Приложение 1).

## 2.2. Соотношение с неявно и явно выраженным химеризмом у трех видов растений

Одной из задач данного исследования было подсчитать соотношение листьев с неявно и явно выраженным химеризмом. Для этого мной было выбрано три объекта исследования из школьного ботанического сада (Приложение 4). Выявление листьев с неявно и явно выраженным химеризмом было визуальным. Всего у Фикуса бенджамина было изучено 70 листьев, Сциндапсуса – 60, Хлорофитума – 40 (Таблица 3).

Таблица 3. Количество химерных листьев трех видов растений

Вид	Количество химерных листьев с проявленным химеризмом	Количество химерных листьев с неявно проявленным химеризмом
Фикус	50	20
Сциндапус	40	20
Хлорофитум	100	0



Рисунок 4 – Гистограмма количество химерных листьев трех видов растений

На основе полученных данных можно сказать, что разные виды имеют разное количество листьев с химеризмом, скорее всего это морфологическая особенность конкретного вида растения. Наиболее пестролистным в данном случае оказался Фикус бенджамин, тогда как у Хлорофитума наблюдается 100% листьев с химеризмом. Можно предположить, что у Фикуса бенджамин такая особенность связана с развитие химеризма в листьях в процессе роста, потому что на ранних (свежих) листьях, наблюдается минимальные белые участки. С последующим ростом листа, уровень химеризма повышается, что безусловно является генетически закрепленным механизмом.

В последующем планирую взять другие виды химерных растений, де попробую исследовать молекулярную основу данного явления.

### **3. ЯВЛЕНИЕ ХИМЕРИЗМА В БИОТЕХНОЛОГИИ**

Биотехнология – это совокупность промышленных методов, в которых используют живые организмы и биологические процессы для производства различных продуктов.

Обогащение продуктов питания биологически активными веществами, в том числе растительными пигментами, является перспективным направлением замены синтетических красителей. Использованию пряно-ароматических растений в этих целях уделяется недостаточное внимание. Пищевые добавки, полученные из натурального сырья, обладают не только лечебно-профилактическими свойствами, но и являются мощными антиоксидантами. Их применение в технологии продуктов питания дает ряд преимуществ перед синтетическими. Позволяет, кроме расширения ассортимента, повысить биологическую ценность, а также увеличить срок хранения, что является важным фактором в современном производстве.

В современных условиях актуальным является использование местного растительного сырья. Это способствует значительному снижению затрат как на само сырье, часто дорогостоящее, но с аналогичными или близкими по значению основными физико-химическими показателями, так и сокращению расходов, связанных с доставкой его на производство.

Определяющим показателем для выбора экстрагента являлось суммарное содержание хлорофиллов и каротиноидов. Полученный концентрат из растений (живых или высушенных) можно использовать при производстве комбинированных продуктов питания. Изучения явления химеризма, особенно его молекулярно-генетический аспект позволит в будущем использовать в эти данные для лучшего выращивания растений, и выделение нужных для человека биологически активных веществ, гормонов, пигментов.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании данного исследования удалось сделать следующие выводы:

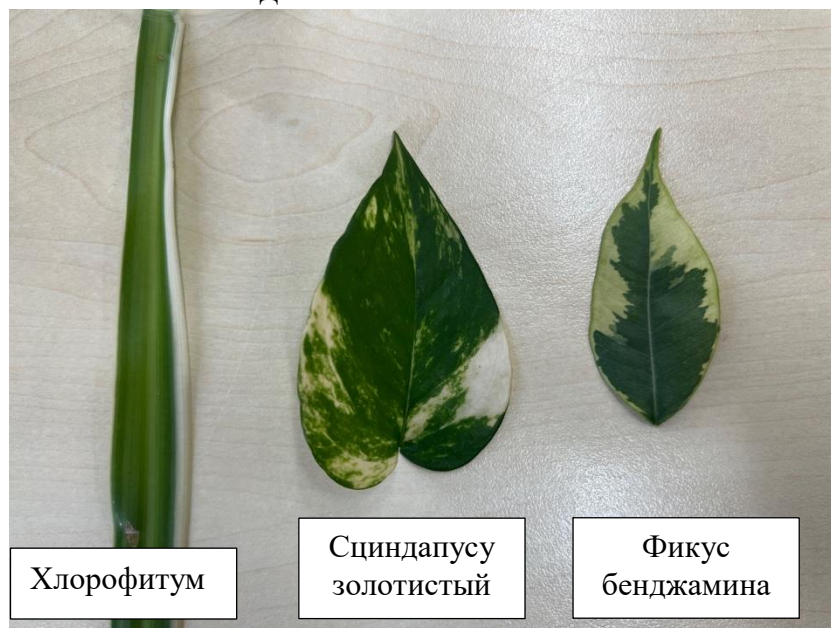
1. Пигмент хлорофилл – это очень важное составляющее в жизни растения, так как хлорофилл является фотосинтетическим пигментом, с помощью которого осуществляется процесс фотосинтеза, очень важного и неотъемлемого процесса, осуществимого помощью солнечного света.
2. Химеры возникают в природе в результате спонтанных мутаций соматических клеток, в результате прививок, а также возможна наследственная химерность.
3. У растений выделяют разные виды химерности, такие как, мозаичная, секториальная, периклиальная и мериклиальная. В исследуемых видах растениях, наблюдаются разные виды химеризма.
4. С помощью хроматографии, выяснили, что в белых частях растения хлорофилл отсутствует у двух видов растения (Сциндапус, Хлорофитум), тогда как у Фикуса Бенджамина присутствует пигмент хлорофилл а, что говорит о другом виде химерности.
5. Разные виды растений-химер имеют разное количество листьев с химеризмом, скорее всего это морфологическая особенность конкретного вида растения.
6. Дальнейшее изучение данного явления позволит использовать данные в области биотехнологии: выделение пигментов и использовании их как альтернатору искусственных красителей.

## 5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

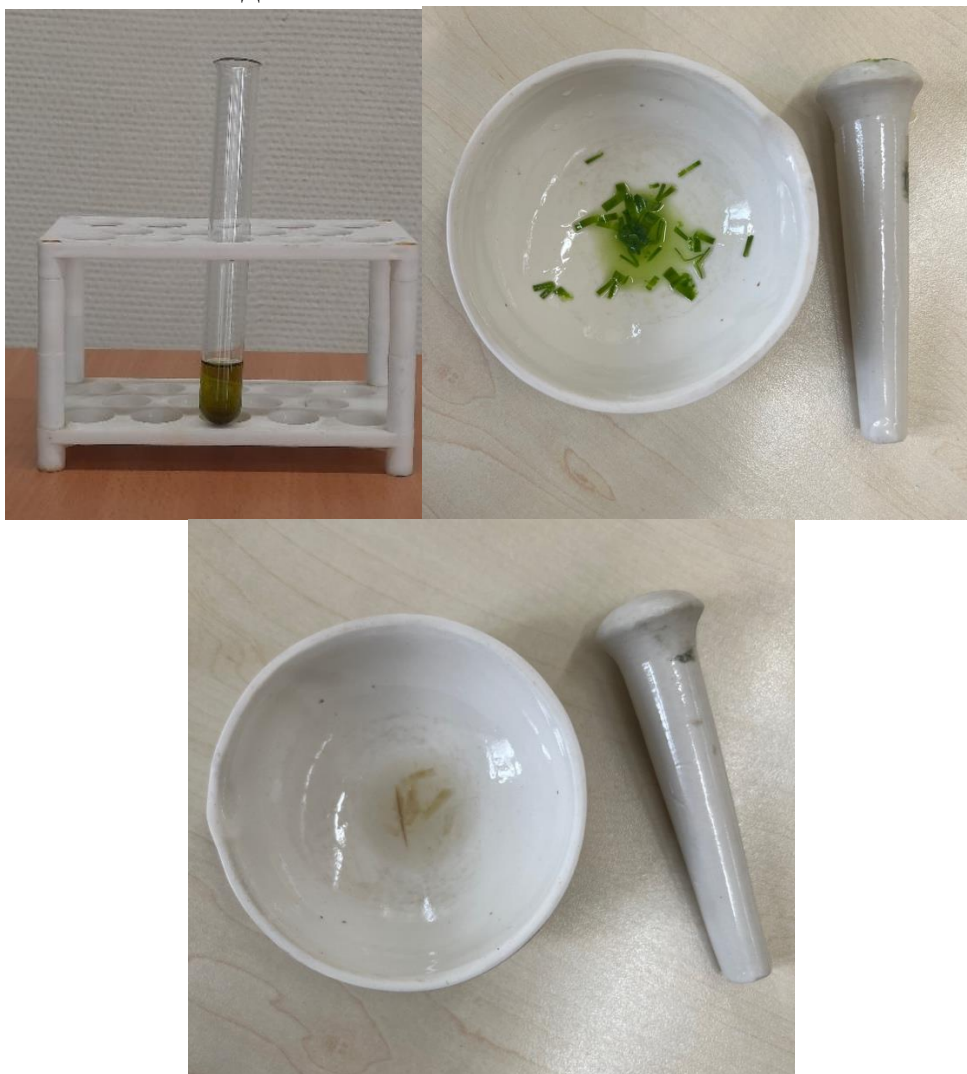
1. Шевченко В.В., Гриних Л.И. Химерность у растений. – М.: Наука, 1981. – 212с.
2. Медведев, С. С. (2004). Физиология растений: Учебник. Издательство Санкт-Петербургского университета.
3. Кунах В. А. Геномная изменчивость соматических клеток растений // Биополимеры и клетка. — 1995. — Т. 11, № 6.
4. Кренке Н. П. Химеры растений. — М—Л.: АН СССР, 1947. — 386 с.
5. Химеры. Большая Медицинская Энциклопедия. Дата обращения: 2021.
6. Крен М. Б., Лоуренс У. Дж. Ч. Генетика садовых и овощных растений. — М.-Л.: Сельхозгиз, 1936. — 232 с
7. [https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/431534/Khimery\\_Frankenshteyny\\_sredi\\_nas](https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/431534/Khimery_Frankenshteyny_sredi_nas)
8. [http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/34000/galant\\_i.a.pdf?sequence=1](http://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/34000/galant_i.a.pdf?sequence=1)
9. <https://www.u-mama.ru/read/home/plants/5168-i-eto-vse-o-nem-ili-na-arene-scindapsus.html#:~:text=Сциндапус%20–%20травянистое%20растение%20с,с%20белыми%20и%20желто%20зелеными%20листьями>
10. <https://www.liveinternet.ru/users/5154387/post259436344>

## 6. ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1. Объекты исследования



### Приложение 2. Этапы выделение пигмента





Приложение 3. Хроматография



Приложение 4. Сбор данных

