

Государственное бюджетное образовательное учреждение

Лицей 1547 (ЮВАО)

Тема:

«Использование свойств хлорофилла для изготовления
отпечатков и фотографий на листьях растений»

Работу выполнила:

Кривоженко Анастасия, 7 класс

Объединение «Занимательные опыты и эксперименты»

Научный руководитель:

Учитель биологии
Каркина Елена Владимировна

Консультант:

Учитель биологии
Синегаева Светлана Николаевна

Москва
2015-2016 учебный год

Оглавление

Введение	2
1. Теоретическая часть	4
1.1. Хлорофилл	4
1.2. Свойства хлорофилла	4
1.2.1. Физические свойства	4
1.2.2. Химические свойства	5
1.2.3. Светочувствительность и изготовление отпечатков	5
2. Практическая часть	6
2.1. Выбор растений для эксперимента	6
2.2. Методика	7
2.3. Ход исследования	7
2.3.1. Изготовление отпечатков с помощью выделенного хлорофилла	8
2.3.2. Изготовление отпечатков - фотографий на листьях растений	11
2.4. Что мы знаем о хлорофилле?	12
Выводы	13
Заключение	13
Литература	15
Приложение 1. Фотографии	16
Приложение 2. Таблицы и диаграммы	19

Введение

Самая распространенная краска у растений – зеленая. Она зеленая, благодаря растительному пигменту — хлорофиллу. И, благодаря хлорофиллу, в растениях происходит фотосинтез. Так как хлорофилл участвует в процессе фотосинтеза, то он реагирует на воздействие солнечных лучей. Можно сказать, что он обладает светочувствительностью. Светочувствительность — это способность вещества изменять свои свойства под действием света. Из-за светочувствительности хлорофилла внутри клетки растения возникает цепочка химических реакций. Ее и называют процессом фотосинтеза.

С понятием светочувствительность связана и фотография. Принцип действия фотографии основан на получении изображений и фиксировании их с помощью химических и физических процессов, получаемых с помощью света. Я имею в виду фотографию, сделанную при помощи фотопленки и фотобумаги. В качестве светочувствительного вещества в бумаге и пленке используется соль серебра. Под действием света соль серебра разлагается. Участки, находившиеся в разных условиях освещенности, получают, в итоге, различными по цвету на пленке и на фотографии.

У слова «фотосинтез» и «фотография» общие корни. Можно ли использовать свойства хлорофилла для изготовления фотографий? Именно это меня заинтересовало.

Возможность использования хлорофилла для изготовления отпечатков и фотографий стала **темой моего исследования.**

Перед собой я поставила цель — изучить свойства хлорофилла, которые можно будет использовать для изготовления отпечатков и фотографий.

Актуальность

Умение использовать особенности хлорофилла для создания фотографии на листе открывают большие возможности для творчества, а также проведения интересных лабораторных, практических и исследовательских работ в школе.

Задачи:

- Выделить хлорофилл из растений, взятых для исследования.
- Провести опыты с полученной вытяжкой для подтверждения свойств хлорофилла.
- Создать отпечатки с использованием приготовленной «фотобумаги».
- Создать фотоотпечатки на живых листьях растений.

Перед началом исследований, на основе изученной литературы была выдвинута **гипотеза**: если вытяжка хлорофилла разрушается под действием света, то в хлорофилле происходят химические превращения. Используя эти изменения, с помощью вытяжки хлорофилла можно изготовить фотобумагу для последующего изготовления отпечатков. Так как в живом листе на свету образуется крахмал, а на затемненных участках он не образуется, то, применяя пленочные негативы, можно получить фотографию и на живом листе растения.

В качестве **объекта исследования** была взята вытяжка хлорофилла и свежие зеленые листья, а за **предмет исследования** – отпечатки на листьях растений (герани, острого перца, гибискуса и др.) и изготовленная «фотобумага».

При проведении работы были проведены некоторые опыты, показывающие физические и химические свойства хлорофилла. Выполнены опыты по изготовлению отпечатков с использованием вытяжки хлорофилла, а также опыты по изготовлению отпечатков на листьях различных растений. На выходе я получила готовый продукт проекта — отпечатки, сделанные на «фотобумаге» и листьях.

Теоретическая часть

1.1. Хлорофилл

Хлорофилл — зеленый пигмент растений, с помощью которого они улавливают энергию солнечного света и осуществляют фотосинтез, то есть превращают солнечную энергию в энергию химических связей органических соединений.

Хлорофилл назван так французскими учеными Жозефом Бьенеме Каванту и Жаном Шарлем Петье (1818), выделившим его из листьев (от греч. «хлорос» - зеленый и «филлон» - лист). Впервые хлорофилл в кристаллическом виде был описан русским физиологом и ботаником Иваном Парфеньевичем Бородиным в 1883 году. Химическая формула хлорофилла была установлена в 1913 году биохимиками Рихардом Вильштеттером и Артуром Штоллем.

В клетках высших растений имеется две формы хлорофилла: *a* и *b*. Они различаются по цвету. Хлорофилл *a* имеет сине-зеленый оттенок, а хлорофилл *b* - желто-зеленый. Содержание хлорофилла *a* в листе примерно в три раза больше по сравнению с хлорофиллом *b*.

При низких температурах и недостаточной освещенности хлорофилл в листьях разрушается, и становится виден другой пигмент — ксантофилл.

1.2. Свойства хлорофилла

1.2.1. Физические свойства

Хлорофилл хорошо растворяется в спирте. Спиртовая вытяжка содержит хлорофилл в молекулярном виде. Этот раствор очень неустойчив и легко разрушается на свету. Стоит, однако, к спиртовому раствору хлорофилла прилить немного воды, получается густой непрозрачный раствор (коллоидный) (фото 1).

С точки зрения физики цвет определяется способностью пигмента к поглощению света. Хлорофилл имеет зеленый цвет потому, что поглощает свет в синей и красной зонах спектра видимого света, а в зеленой наоборот — отражает.

Раствор хлорофилла в проходящем свете имеет зелёный цвет, но при увеличении толщины слоя или концентрации хлорофилла он приобретает красный цвет. В отражённом свете хлорофилл, кажется вишнёво-красным, так как он излучает поглощённый свет с изменением в большую сторону длины его волны. Это свойство хлорофилла называется флюоресценцией.

1.2.2. Химические свойства

По химическому строению хлорофилл представляет собой сложное вещество — сложный эфир. В центре молекулы хлорофилла расположен атом магния, который образует систему простых и двойных связей с другими атомами в молекуле. Эти связи и отвечают за зеленую окраску хлорофилла.

Извлеченный из листа хлорофилл легко реагирует как с кислотами, так и со щелочами. При взаимодействии с соляной кислотой хлорофилл теряет зеленый цвет, образуется соединение феофитин (фото 2). При данной реакции атом магния в центре молекулы замещается двумя атомами водорода (опыт 3).

При взаимодействии с растворами солей меди или цинка в молекуле феофитина восстанавливается металлоорганическая связь. Вытяжка становится опять зелёного цвета [2](фото 3).

Хлорофилл в живой клетке обладает способностью к обратимому фотоокислению и фотовосстановлению.

Свойства хлорофилла, находящегося в листе и извлеченного из листа, различны, так как в листе он находится в комплексном соединении с белком.

Выделенный из листа хлорофилл легко подвергается разрушению под влиянием самых разнообразных воздействий (повышенная кислотность, кислород и даже свет). Между тем, в листе хлорофилл достаточно устойчив ко всем перечисленным факторам [4].

1.2.3. Светочувствительность и изготовление отпечатков

Светочувствительность — способность вещества изменять свои химические или физические свойства под действием света.

Хлорофилл способен поглощать свет. Это его свойство лежит в основе процесса фотосинтеза. Но при интенсивном освещении хлорофилл разрушается и теряет свою окраску. Особенно быстро под действием солнечного света разрушается выделенный из листьев хлорофилл. Изменение окраски хлорофилла происходит в результате окисления молекул пигмента. Различие в окраске сохранившегося в темноте и разрушенного на свету выделенного хлорофилла можно использовать для изготовления отпечатков. Для этого нужно изготовить своеобразную «фотобумагу». Бумага должна хорошо впитывать и удерживать «светочувствительный слой» – вытяжку хлорофилла.

В живом листе на свету при процессе фотосинтеза из воды и углекислого газа образуются сложные органические вещества. Эти вещества в растении преобразуются в клетчатку, сахара, крахмал. Крахмал и сахар образуются чаще всего в листьях. В случае если лист на протяжении длительного времени не освещается, то крахмал расходуется для жизнедеятельности растения. Обнаружить крахмал можно при помощи йода. В результате реакции этих двух веществ мы получим фиолетовую окраску.

Вышеперечисленные особенности возможно использовать для создания фотографий на листе растения.

2. Практическая часть

2.1. Выбор растений для эксперимента

Выбор растений для изготовления отпечатков на листьях обусловлен ассортиментом комнатных растений в школе и дома.

Были выбраны 10 видов растений. Часть из них считается теневыносливыми растениями, часть светолюбивыми. Потребность растений в освещенности приведена в таблице 1 [5].

Для изготовления вытяжки хлорофилла были выбраны хлорофитум и герань, так как они легко размножаются и восстанавливаются. Изъятие части листьев не приведет к гибели растений.

Изготавливать вытяжку я пробовала и из других доступных мне растений. Например, сансевьеры трехполосой, драцены деремской, бегонии коралловой. Но для использования этих растений в дальнейших экспериментах для получения вытяжки отказалась, так как, во-первых, в вытяжке сансевьеры содержится много осадка из-за мясистых листьев, и вытяжка получается мутной. А во-вторых, у сансевьеры очень жесткие листья, что затрудняет их растирание.

Вытяжка драцены делается хорошо, но у этого растения большие листья. Поскольку я всегда использовала только свежеприготовленную вытяжку, то значительная часть листа оставалась лишней и ее приходилось выбрасывать. Это неэкономное расходование сырья.

Бегония кроме хлорофилла и ксантофилла содержит и еще значительное количество пигмента антоциана, что влияет на окраску раствора. Вытяжка получается другого оттенка.

По вышеизложенным причинам я отказалась от этих растений и остановила свой выбор на вышеназванных герани зональной и хлорофитуме хохлатом.

Использование других растений не рассматривалось в связи с их ограниченным количеством в школе (или отсутствием).

Для изготовления отпечатков всегда применялась свежеприготовленная вытяжка и свежеприготовленная «фотобумага» — пропитанные хлорофиллом носители.

2.2. Методика

Изготовление отпечатков выполняла 2-мя способами:

- использование выделенного хлорофилла (спиртовой вытяжки) (по К. А. Тимирязеву) [2].
- использование хлорофилла живого листа растения.

Описание методики проведения конкретных опытов приведены ниже.

2.3. Ход исследования

При исследовании я провела опыты, подтверждающие наличие у хлорофилла свойств, необходимых для изготовления отпечатков, то есть светочувствительных свойств. В первую очередь, я исследовала вытяжку хлорофилла и пробовала использовать ее для изготовления своеобразной «фотобумаги». Я сделала вытяжку из листьев растений и пропитала ею фильтровальную бумагу (и другие носители). В качестве основы для «фотобумаги» я использовала картон, фильтровальную бумагу, одноразовые полотенца из распушенной целлюлозы. Такой выбор обоснован тем, что, с моей точки зрения, эти материалы хорошо впитывают влагу и будут хорошо впитывать вытяжку. Результаты использования приведены в таблице 3.

В дальнейшем я исследовала возможность изготовления фотографий на живом листе.

При проведении опытов я фиксировала результаты, необходимые для моего исследования. В примечании к опытам указаны важные данные, которые я получила в результате опыта, а также в результате изучения литературы. Я также приводила некоторые важные условия успешного проведения опыта.

2.3.1. Изготовление отпечатков с помощью выделенного хлорофилла

Для изготовления отпечатков необходима спиртовая вытяжка хлорофилла, фильтровальная бумага, 10-процентный раствор медного купороса CuSO_4 , лист растения.

Опыт № 1. Изготовление спиртовой вытяжки хлорофилла

Материалы: 2 г листьев, мел (порошок CaCO_3), 10 мл этилового спирта.

Я срезала несколько свежих неповрежденных листочков с герани, порезала их на мелкие кусочки. Добавила мел и немного спирта (10 мл). Все растерла в фарфоровой ступке до однородной зеленой массы. Прилила еще 20 мл этилового спирта. Продолжала растирание, пока спирт не окрасится в

интенсивно зеленый цвет. Полученную спиртовую вытяжку я профильтровала, поместив в чистую колбу.

Результат опыта: у меня получилась готовая спиртовая вытяжка хлорофилла в жидком виде.

Примечание: в вытяжке находится не только пигмент хлорофилл, но и желтый пигмент — ксантофилл (опыт 2, фото 4). При хранении вытяжка хлорофилла разрушается.

Вывод: хлорофилл растворяется в спирте.

Опыт № 2. Содержание пигментов в спиртовой вытяжке листа

Материалы: спиртовая вытяжка пигментов листа, фильтровальная бумага, пробирка.

Полоску фильтровальной бумаги шириной примерно в 1 см и длиной 20 см погрузила одним концом в пробирку с вытяжкой хлорофилла. Через несколько минут на бумаге появилась зеленая полоска хлорофилла, а выше нее — желтые полосы каротина и ксантофилла. В зеленой зоне можно различить две полосы: зеленую (хлорофилл *a*) и зелено-желтую (хлорофилл *b*).

Результат: разделение пигментов на отдельные слои. Каротин и ксантофилл передвигаются по бумаге дальше хлорофилла.

Примечание: это объясняется их различной растворимостью в растворителе (этиловом спирте) и различным поглощением их фильтровальной бумагой (адсорбцией).

Вывод: спиртовая вытяжка листа содержит хлорофилл и два желтых пигмента – каротин и ксантофилл.

Опыт № 3. Наличие атома металла в молекуле хлорофилла

Материалы: вытяжка хлорофилла, раствор кислоты HCl (10%).

В готовую вытяжку хлорофилла (2 мл) я добавила 0,5 мл 10% соляной кислоты. Произошла реакция взаимодействия хлорофилла с кислотой. Цвет раствора изменился с зеленого на бурый. При воздействии на спиртовую

вытяжку хлорофилла раствором соляной кислоты атом металла замещается двумя атомами водорода. При этом происходит изменение окраски.

Затем в пробирку я добавила 10% раствор соли меди (CuSO_4). Цвет жидкости восстановился, значит, хлорофилл опять содержит атомы металла [2].

Вывод: хлорофилл реагирует с кислотами. Зеленый цвет хлорофиллу придает атом металла в строении сложной молекулы.

Опыт № 4. Изготовление отпечатков на бумаге

Материалы: вытяжка хлорофилла, фильтровальная бумага, фольга алюминиевая.

В готовую вытяжку хлорофилла я опустила фильтровальную бумагу. Когда она пропиталась жидкостью, я разместила бумагу на фольге. Завернула лист в фольгу, оставив отверстие в виде фигуры. Положила под лампу на 2 часа. Место, которое не было закрыто фольгой, осталось зеленым, а все остальное побледнело (фото 6). Для закрепления изображения опустила фильтровальную бумагу с отпечатком листа в горячий ($50-60\text{ }^\circ\text{C}$) 10% раствор CuSO_4 на несколько минут. При реакции хлорофилла с медным купоросом атом магния в хлорофилле заменяется атомом меди. Такое соединение достаточно устойчиво [3].

Результат опыта: место, которое было освещено, осталось зеленым. А та часть, которая была под фольгой, побледнела.

Примечание: в описании опыта Тимирязевым открытые участки становятся светлыми, а закрытые темными. У меня получился противоположный результат. Опыт повторила еще раз, но результат оказался таким же. Я объясняю это тем, что, во-первых, использовала в опыте фильтровальную бумагу, а не коллодиум. А, во-вторых, использовала свежеприготовленные, не просохшие носители вытяжки. При испарении спирта частично происходила подпитка открытого участка новым раствором.

Для проверки своей версии «обратного» результата, я провела работу еще раз, просушив предварительно носители в темноте.

Провела этот опыт с различными носителями вытяжки хлорофилла: фильтровальной бумагой, картоном, одноразовыми полотенцами из целлюлозы, бумагой для ксерокса (таблица 3) (фото 5).

Вывод: более качественные отпечатки получаются на одноразовых полотенцах из целлюлозы и бумаге для ксерокса. Они лучше впитывают и удерживают жидкость, а, следовательно, и вытяжку хлорофилла. Более того, при закреплении отпечатка раствором медного купороса, отпечаток на бумаге для ксерокса получается более четким.

2.3.2. Изготовление отпечатков фотографий на листьях растений

Для изготовления отпечатков на листе нужны растения, быстро накапливающие в листьях крахмал. Чтобы убедиться, что в листе под действием света вырабатывается крахмал, проведем опыт.

Опыт № 5. Обнаружение крахмала

Материалы: плотная бумага, этиловый спирт, раствор иода (2 г иодида калия в 10 мл воды), чашки Петри, лампа дневного света.

Для того чтобы обнаружить крахмал в листе растения, я выбрала подходящие листья на герани, закрыла их пакетиками из плотной бумаги. Это я сделала, чтобы весь крахмал, находящийся в листьях, превратился в глюкозу и перешел из листьев в другие органы. Проще поместить в темное место все растение, но длительное пребывание без света для растения неблагоприятно. Поэтому я склеила пакетики и изолировала отдельные листья. Оставила на трое суток. Через 3 дня надела на лист пакетик с прорезями. Оставила еще на 2 дня. Затем срезала лист, прокипятила его в воде (2-3 мин), выдержала в спирте до удаления хлорофилла, затем промыла водой и погрузила в раствор иода. Те части листа, которые были открытыми, приняли темный, близкий к синему цвет.

Результат: в том месте, где лист не был закрыт, продолжался фотосинтез и вырабатывался крахмал. При попадании в раствор иода, крахмал окрасился в темный фиолетовый цвет, что доказывало его наличие.

Примечание: после проявления реакции иода с крахмалом лист необходимо промыть водой для прекращения реакции.

Вывод: в листьях растений на свету образуется крахмал. Крахмал при взаимодействии с иодом дает фиолетовое окрашивание.

Опыт № 6. Изготовление отпечатков на листьях

Материалы: негативы фотографий (рисунки) на пленке, живые листья растений, раствор иода, этиловый спирт, вода, источник света.

Для этого опыта я заранее распечатала на пленке негативы фотографий. Затем я прикрепила их к листьям живых растений, закрыв обратную сторону плотным картоном и оставила на время выдержки. Для «проявления» фотографии я опустила срезанный лист на 2-3 мин в кипяток, затем выдержала в горячем спирте 2-3 минуты до полного удаления хлорофилла. Затем промыла горячей водой и залила раствором. После появления изображения раствор слила, промыла лист холодной водой и просушила фильтровальной бумагой.

Результат: я получила готовые отпечатки (фото 7).

Примечания: в осенне-зимний период естественного освещения для получения хорошего отпечатка на листе недостаточно потому, что фотосинтез идет не столь интенсивно. Количество света, необходимое растениям (таблица 1, диаграмма 2) не соответствует количеству поступающего света (таблица 2, график 1). Лист надо дополнительно освещать. Для четкого изображения негатив должен плотно прилегать к поверхности листа.

Рисунок проявляется постепенно. Если лист передержать в иоде, рисунок будет трудноразличим.

Вывод: мои предположения по поводу возможности изготовления отпечатков подтвердились.

2.4. Что мы знаем о хлорофилле?

С целью выявления знаний школьников о хлорофилле и его свойствах, я провела опрос среди учащихся 5-7 классов (диаграмма 1).

В 6 классе, где проходят тему «Фотосинтез», вся группа знает, что такое хлорофилл и какую роль играет хлорофилл в жизни растения. Однако на вопрос: «От чего зависит цвет хлорофилла» и «Почему листья меняют свою окраску» никто не ответил. В 5 классе о хлорофилле знают намного меньше, а о свойствах хлорофилла совсем ничего. В 7 классе школьники имеют представление о хлорофилле и его значении в жизни растений, но затрудняются объяснить от чего зависит цвет хлорофилла и назвать его свойства.

Я думаю, что проведение опытов на лабораторных работах по изготовлению отпечатков на листьях позволит исправить этот пробел.

Выводы.

В результате проделанной работы я пришла к следующим выводам:

1. При изготовлении вытяжки хлорофилла лучше использовать растения с тонкими листьями (герань, хлорофитум)
2. В вытяжке хлорофилла содержится не только зеленый пигмент хлорофилл, но и желтый — ксантофилл.
3. Для изготовления отпечатков на бумаге лучше использовать в качестве носителя бумагу для ксерокса или одноразовые полотенца из распушенной целлюлозы
4. При изготовлении отпечатков на листьях необходима дополнительная подсветка. Негатив должен быть плотно прижат к поверхности листовой пластинки.

Заключение

В результате исследования я выяснила, что изготовление отпечатков с помощью хлорофилла вполне реально. Однако это трудоемкий процесс (в случае с вытяжкой). В случае с отпечатками на живом листе велика роль непредвиденных факторов (гибель растения, отсутствие достаточного освещения).

Я получила небольшое количество отпечатков, так как многие из них не получились. В результате работы я приобрела навыки изготовления вытяжки и изготовления отпечатков. Методика изготовления не гарантирует качественного результата. Необходимо более детально проработать временные рамки и световой режим для изготовления фотографий на живом листе. Но для прикладного творчества такой способ вполне пригоден. Например, вьетнамский живописец Бин Дан использует такой способ употребляет для «печати» собственных фотографий [7]. Я планирую изготовить несколько магнитов и реализовать их на школьной экономической игре в апреле 2016 года. Распространение таких сувениров, с моей точки зрения, повысит интерес школьников к изучению загадочного природного пигмента – хлорофилла.

Литература

1. Артамонов В.И. Занимательная физиология растений. – М.: Агропромиздат, 1991.
2. Батурицкая Н.В., Фенчук Т.Д. Удивительные опыты с растениями. – Мн.:Нар. Асвета, 1991.
3. Бердоносков С.С., Бердоносков П.С. Справочник по общей химии. – М.: АСТ Астрель, 2002.
4. Лебедева Т.С., Сытник К.М. Пигменты растительного мира. – Киев: Наукова думка, 1986.
5. Требования растений к освещенности. Портал GreenInfo [Электронный ресурс] URL: http://www.greeninfo.ru/for_landscaping/phytolamps.html/Article/_aID/5476 (дата обращения 18.09.2016).
6. Хлорофилл. Портал Академик GreenInfo [Электронный ресурс] URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/es/62356/хлорофилл> (дата обращения 18.09.2016).
7. Хлорофиллы - их состав, структура и свойства. Портал BioFile.ru [Электронный ресурс] URL: <http://biofile.ru/bio/19385.html> (дата обращения 18.09.2016).

Приложение 1. Фотографии



Фото № 1. Спиртовая вытяжка хлорофилла (слева) и коллоидный раствор хлорофилла (справа)

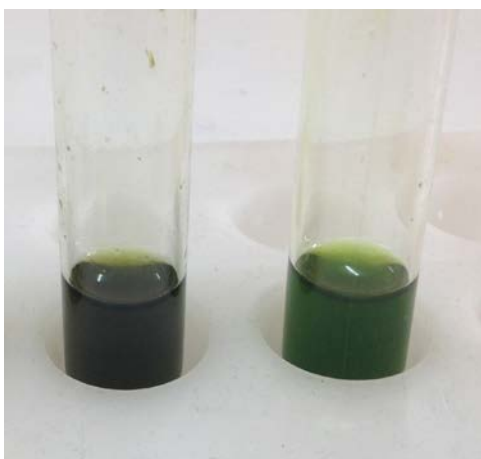


Фото № 2. Реакция хлорофилла с соляной кислотой

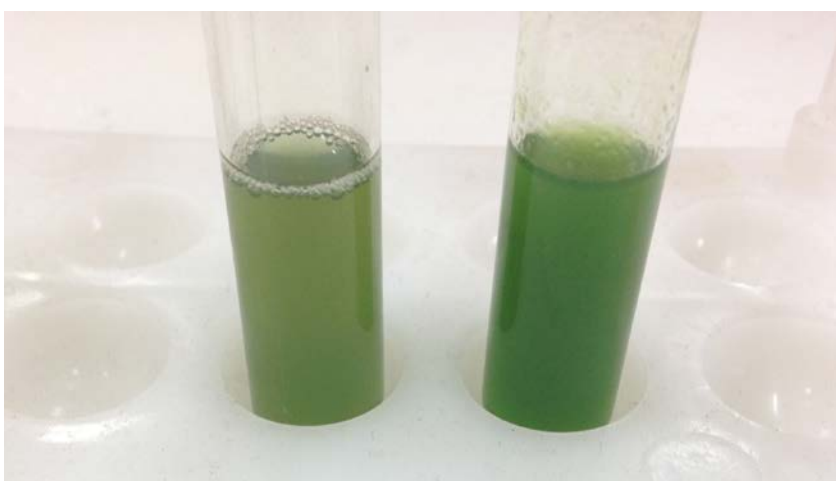


Фото № 3. Восстановление атома металла в молекуле хлорофилла



Фото 4. Содержание пигментов в вытяжке хлорофилла

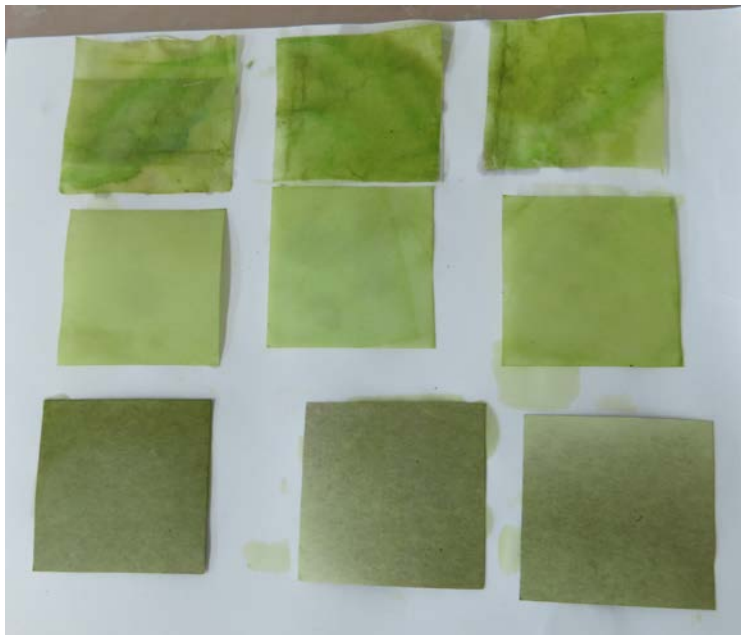


Фото 5. Вытяжка хлорофилла на различных носителях



Фото 6. Изготовление отпечатков на бумаге



Фото 7. Отпечатки на живом листе гибискуса и герани

Приложение 2. Таблицы и диаграммы

Таблица 1. Требования растений к освещенности

№	Название растения	Отношение к свету	Требования к освещенности в люксах
1	Бегония коралловая (<i>Begonia coralline</i>) семейство Бегониевые	теневыносливое	3000-3900
2	Гибискус китайский (<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>) семейство Мальвовые	светолюбивое	3000-3900
3	Драцена деремская (<i>Dracaena deremensis</i>) семейство Агавовые	теневыносливое	2600-3000
4	Замиокулькас замиелистный (<i>Zamioculcas zamiifolia</i>) семейство Ароидные	теневыносливое	2500-2700
5	Пеларгония плющелистная (<i>Pelargonium peltatum</i>) семейство Гераниевые	светолюбивое	4000-6000
6	Перец китайский (Хабанеро) <i>Capsicum chinense</i> семейство Пасленовые	светолюбивое	3000-3900
7	Персея американская (Авокадо) (<i>Persea americana</i>) семейство Лавровые	теневыносливое	2600-3000
18	Спатифиллум Уоллиса (<i>Spathiphyllum wallisii</i>) семейство Ароидные	теневыносливое	2500-2700
9	Фигус Бенджамина (<i>Ficus benjamina</i>) семейство Тутовые	светолюбивое	2600-3000
10	Филодендрон гитаровидный (<i>Philodendron panduriforme</i>) семейство Ароидные	теневыносливое	2500-2700

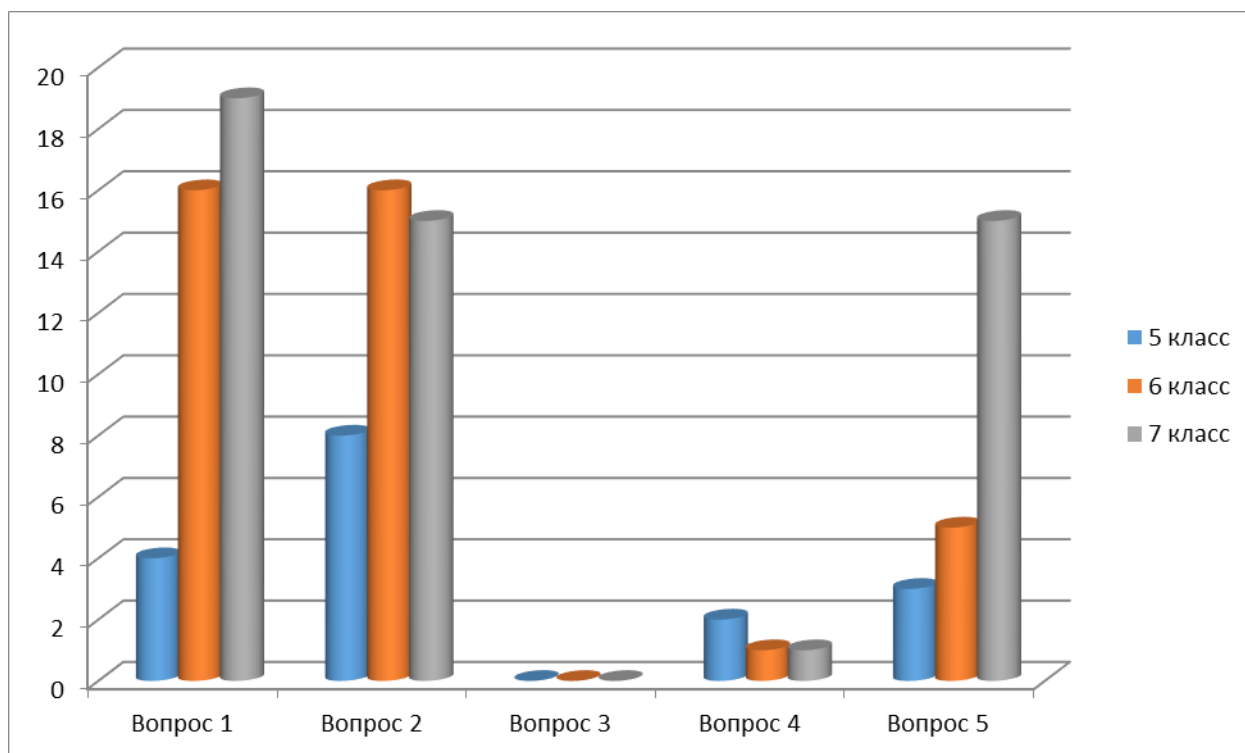
Таблица № 2. Измерение уровня освещенности исследуемых растений

Время(чч:мм:сс)	Освещенность-6000 I/O-1(лк)	Освещенность-6000 I/O-2(лк)
14:15:00	19,05	102,56
15:15:00	336,98	632,93
16:15:00	155,3	42,49
17:15:00	0	7,33
18:15:00	0	7,33
19:15:00	0	8,79
20:15:00	0	8,79
21:15:00	0	7,33
22:15:00	0	7,33
23:15:00	0	7,33
00:15:00	0	7,33
01:15:00	0	5,86
02:15:00	0	7,33
03:15:00	0	7,33
04:15:00	0	5,86
05:15:00	0	5,86
06:15:00	0	7,33
07:15:00	0	10,26
08:15:00	216,84	345,77
09:15:00	698,86	1325,93
10:15:00	549,42	816,07
11:15:00	816,07	1387,47
12:15:00	945	1753,74
13:15:00	625,6	974,3

Таблица № 3. Характеристика различных материалов — носителей вытяжки хлорофилла

Носитель	Сохранение формы	Равномерность окраски	Впитывающие свойства
Фильтровальная бумага	сохраняет форму при намокании	окраска яркая, очень неравномерная	очень быстро впитывает большое количество раствора
Картон	сохраняет форму при намокании	окраска неравномерная, бледная	медленно впитывает
Одноразовые полотенца из целлюлозы	теряет форму при намокании	окраска яркая, но неравномерная	быстро впитывает большое количество раствора, скорость зависит от партии полотенца
Бумага для ксеркса	сохраняет форму при намокании	окраска равномерная, но не очень яркая	быстро впитывает, но количество раствора невелико

Диаграмма 1. Опрос школьников 5-7 классов.



Вопрос 1. Что такое хлорофилл?

Вопрос 2. Какую роль хлорофилл играет в жизни растений?

Вопрос 3. Какие свойства хлорофилла вы знаете?

Вопрос 4. От чего зависит цвет хлорофилла?

Вопрос 5. Почему осенью листья меняют свою окраску?

График 1. Освещенность растений в течение суток

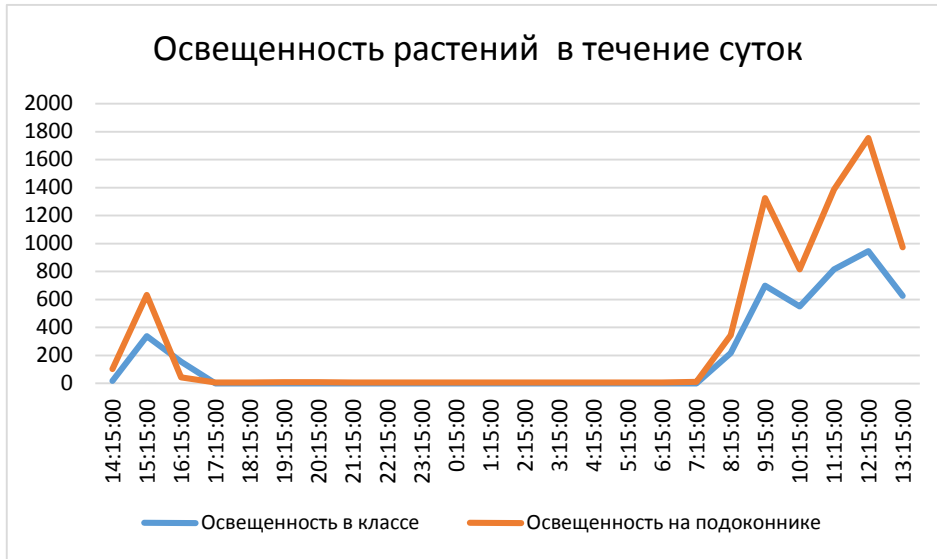


Диаграмма 2. Требования к освещенности растений.

