

ИЗУЧЕНИЕ ФОТОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ФЕОФИТИНА И ОТДЕЛЬНО ПОЛУЧЕННЫХ ХЛОРОФИЛЛОВ В ВИДЕ МЕТАЛЛ-ПОРФИРИНОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Кликин Евгений Геннадьевич

Инженер

Юго-Западный государственный университет

г. Курск

Лавров Роман Владимирович

Кандидат технических наук, доцент

Юго-Западный государственный университет

г. Курск

Воропаева Валерия Владимировна

Студентка группы ХО-71б (4 курс)

Юго-Западный государственный университет

г. Курск

STUDY OF PHOTOCHEMICAL ACTIVITY OF FEOPHITIN AND SEPARATELY OBTAINED CHLOROPHYLLS IN TYPE OF METAL- PORPHYRIN COMPLEXES

Klikin Evgeny Gennadievich

Engineer

Southwestern State University,

Kursk

Lavrov Roman Vladimirovich

Candidate of technical sciences, associate professor

Southwestern State University,

Kursk

Voropaeva Valeria Vladimirovna

Student of group XO-71b (4th year)

Southwestern State University,

Kursk

АННОТАЦИЯ

Цель. Получение феофитина из хлорофиллов а и b, выделенных из растения горца птичьего, также и хлорофиллов в виде продуктов замещения ионов магния на ионы других металлов, с изучением фотохимической активности данных полученных продуктов.

Методы. Применялись методы, основанные на измерении оптической плотности полученных продуктов из фотосинтезирующих частей растения, также проводилось визуальное наблюдение за изменением их окраски.

Результаты. Представлены результаты в виде фотографий экстракта хлорофиллов а и b, полученных из данной вытяжки, феофитина, медь-порфиринового комплекса и их спектров поглощения.

Выводы. Сделаны выводы по способности данных продуктов к фотоокислению, также предположено, что механизм фотоокисления природного хлорофилла и механизм получения феофитина in vitro схожи.

ABSTRACT

Aim. Obtaining pheophytin from chlorophylls a and b isolated from the Knotweed plant, as well as chlorophylls in the form of products of replacement of magnesium ions with ions of other metals, with the study of the photochemical activity of these products.

Methods. Methods based on measuring the optical density of the products obtained from photosynthetic parts of a plant were used, a visual observation was also carried out for the change in their color.

Results. The results are presented in the form of photographs of the extract of chlorophylls a and b obtained from this extract of pheophytin, copper-porphyrin complex and their absorption spectra.

Conclusions. Conclusions are drawn on the ability of these products to photooxidation; it is also assumed that the mechanism of photooxidation of natural chlorophyll and the mechanism of in vitro production of pheophytin are similar.

Ключевые слова: синглетный и триплетный уровень, хлорофиллы а и b, феофитин, металлопорфириновые комплексы, экситон, in vitro.

Key words: singlet and triplet levels, chlorophylls a and b, pheophytin, metalloporphyrin complexes, exciton, in vitro.

Используемое оборудование, материалы:

Для работы использовалась водяная баня ТМ «ULAB» УТ-4312, центрифуга настольная СМ-6М, насос Камовского, спектрофотометр ПЭ-5400В, электронные весы, пробирки, штативы,

фильтровальная бумага. Для перетирания зеленых побегов растений использовалась ступка с пестиком.

В качестве материалов применялись измельченные молодые побеги растения горца

птичьего, водно-спиртовой 70% раствор этанола, кварцевый песок.

Следует отметить, что изучаемые фотохимические процессы (процессы фотоокисления), представленные в статье, имеют прямое отношение к природному фотосинтезу. Фотосинтез – очень сложный биохимический процесс преобразования энергии видимого света в энергию химических связей органических веществ, при участии фотосинтетических пигментов, расположенных в хлоропластах растительных клеток. Главная составляющая фотосинтетической системы растений – хлорофиллы (зеленые магний-порфириновые пигменты) [2, с.60].

Представлял научный интерес изучить способность полученных продуктов из

выделенного экстракта хлорофиллов а и b к фотоокислению.

В живой клетке фотосинтез протекает в две стадии – световая стадия (начальные этапы которой, ее некоторые аспекты рассмотрены и изучены в данной статье) и темновая стадия, представляющая собой очень сложные биохимические процессы синтеза органических веществ с использованием энергии, накопленной в световую стадию фотосинтеза.

Световая стадия фотосинтеза, как и завершающая темновая, довольно сложный биохимический процесс, происходящий в хлоропластах растительных клеток, упрощенно может быть представлена в виде следующей схемы.

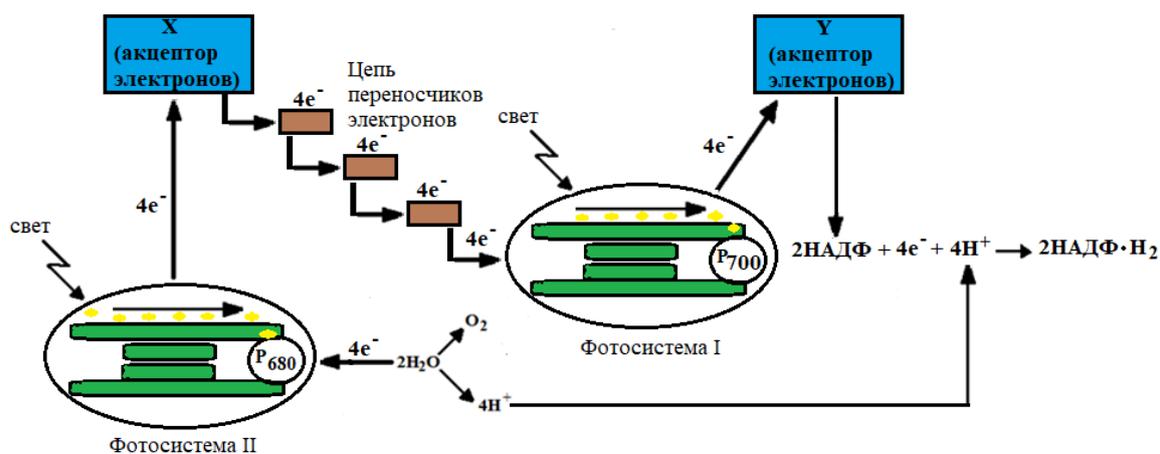


Рис. 1 – Упрощенная схема световой фазы фотосинтеза, протекающего в живых системах.

Квант света, попадая в фотосинтетический аппарат растительной клетки формирует экситон – псевдочастицу, представляющую собой возбужденную область пространства в кристаллах хлорофилла. Данная область может состоять из нескольких атомных группировок в составе молекул. На схеме экситон представлен в виде желтых точек. Далее, полученная псевдочастица некоторое время мигрирует между кристаллическими структурами хлорофилла, пока не попадет на молекулу хлорофилла, входящую в фотохимический центр фотосинтеза. Следует отметить, что миграция такой псевдочастицы возможна не только между синглетными, но и между триплетными уровнями молекул, причем, миграция триплетного экситона может быть более эффективной. Энергия экситона расходуется на фотолиз, протекающий в фотосистеме II. Образующиеся при этом свободные электроны мигрируют через акцептор X, цепь переносчиков электронов, фотосистему I, акцептор Y и расходуются на образование НАДФН₂, с дальнейшим его участием в темновой фазе. Также, в процессе передачи электронов по цепочке выделяется энергия, необходимая для синтеза АТФ [4, с.250].

Экспериментальная часть

Для извлечения хлорофиллов использовались измельченные побеги растения горца птичьего.

Процесс извлечения осуществлялся путем перетирания данных побегов в количестве 10,0 гр. в ступке с 0,5 гр. кварцевого песка и 80 мл. 70%-го водного раствора этанола. Процесс экстракции проводился на водяной бане при постоянном подогреве не выше 500С для предотвращения образования рацематов. Полученная вытяжка была осветлена и отделена от мезги путем центрифугирования. Работа выполнялась в максимально затемненных условиях. Для снятия спектров поглощения выделенных хлорофиллов, полученных окисленных форм, а также полученного феофитина и металл-порфириновых комплексов был задействован спектрофотометр. Также использовались электронные весы, пробирки, штативы.

Как показал эксперимент, молекулы хлорофилла *in vitro* способны легко окисляться на свету (уже через 20 мин наблюдался переход окраски из ярко-зеленой в желтовато-зеленую с последующим полным исчезновением зеленого оттенка).

Известно, что зеленый цвет хлорофиллу придает атом Mg, соединенный с пиррольными и пирроленными кольцами форбинного ядра. Атом Mg сравнительно слабо удерживается в порфириновом ядре хлорофилла и при осторожном воздействии сильных кислот легко замещается

двумя протонами с образованием феофитина светло-бурого цвета [3, с.14].

Для получения феофитина в пробирку с 10 мл спиртовой вытяжки хлорофилла было добавлено 4 капли 20% раствора соляной кислоты. При перемешивании был получен раствор бурого цвета.

В дальнейшем был проведен эксперимент по получению металл-порфириновых комплексов металлов меди, цинка и двухвалентного железа. Полученный продукт феофитин был разлит в три пробирки, в пробирки добавили по 0,1 гр.

сульфатов солей данных металлов, растворы подогрели на водяной бане при температуре 45-500С. В данном эксперименте удалось получить комплексное соединение только с ионами меди (получился зеленый окрашенный продукт).

Следует отметить, что также удалось получить данное комплексное соединение из окисленных на свету форм выделенных хлорофиллов.

Химизм данных процессов, фотографии приведены ниже.

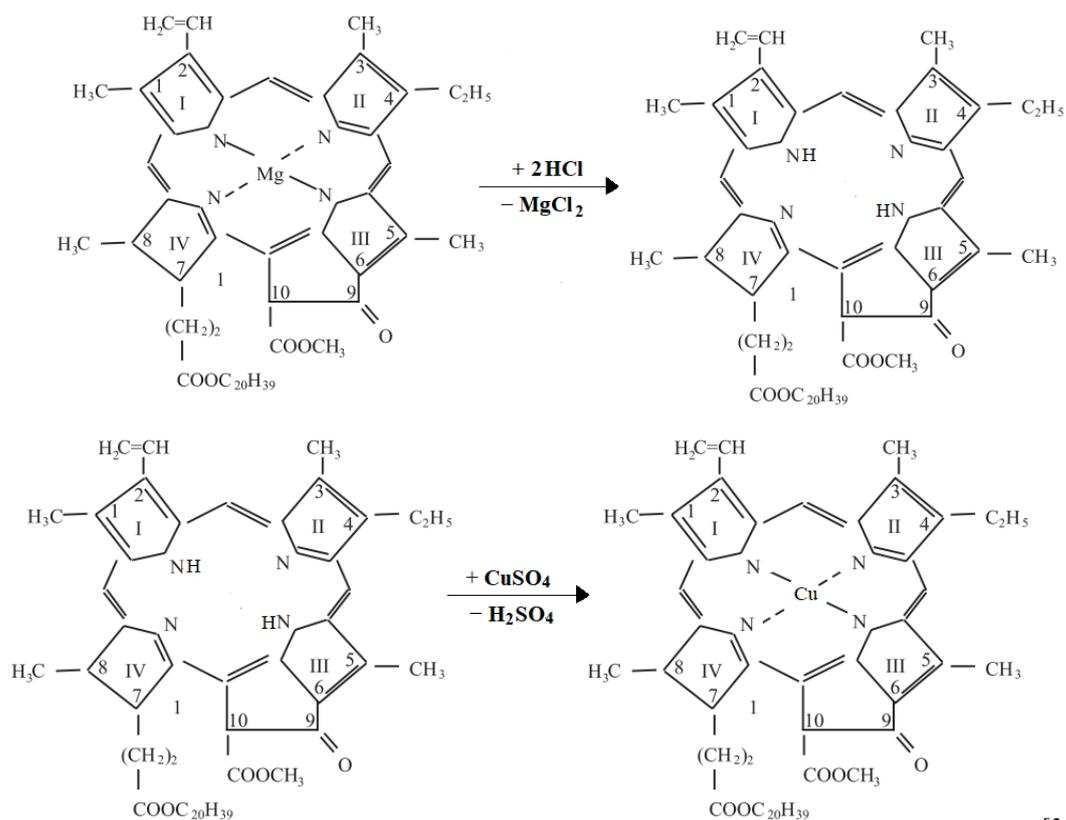


Рис. 2 – Реакции получения феофитина и медь-порфиринового комплекса из начальных исходных продуктов - природных хлорофиллов.



Рис. 3- Фотография водно-спиртовой вытяжки хлорофиллов а и в (рис. слева) и полученного продукта феофитина (рис. справа).

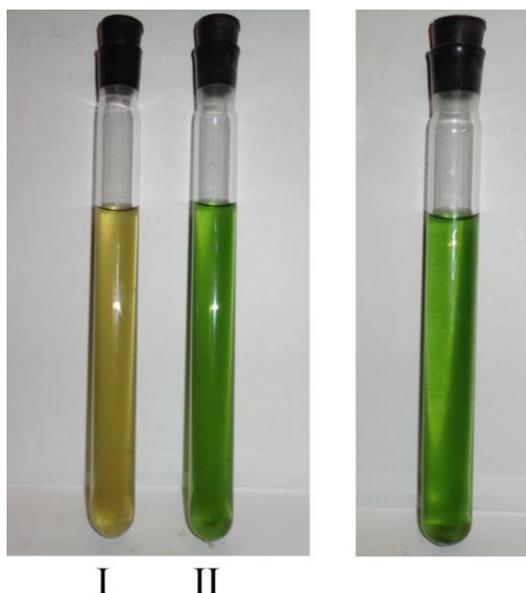


Рис. 4 – Фотографии продуктов, полученных из водно-спиртового экстракта побегов горца птичьего. Фото слева. I – окисленные на свету хлорофиллы, II – медь-порфириновый комплекс, полученный из окисленных *in vitro* хлорофиллов.

Фото справа - медь-порфириновый комплекс, полученный из феофитина.

Таким образом, при добавлении к окисленной форме хлорофилла (полученного вследствие пятичасовой экспозиции солнечным светом) раствора сульфата меди, наблюдался переход окраски из светло-коричневой в насыщенно-зеленую. Такое же изменение окраски наблюдалось при добавлении к полученному раствору феофитина той же соли меди. Так как феофитин – это хлорофилл без ионов магния, и т.к. окраска спиртового раствора феофитина схожа с окраской спиртового раствора окисленных форм хлорофиллов, можно предположить, что процесс фотоокисления хлорофилла сопровождается вытеснением ионов магния за пределы

порфиринового кольца (однако, в хлоропластах растительных клеток данный процесс протекает обратимо). Данное предположение подтверждается также получением идентичных продуктов реакций взаимодействия феофитина и фотоокисленного природного хлорофилла с сульфатом меди. Был проведен эксперимент по изучению фотохимической активности полученного комплекса. Как показал эксперимент – искусственно полученный хлорофилл реакцией замещения ионов магния на ионы меди при длительном световом воздействии не изменяет свою окраску, следовательно – не способен к фотоокислению [1, с.62].

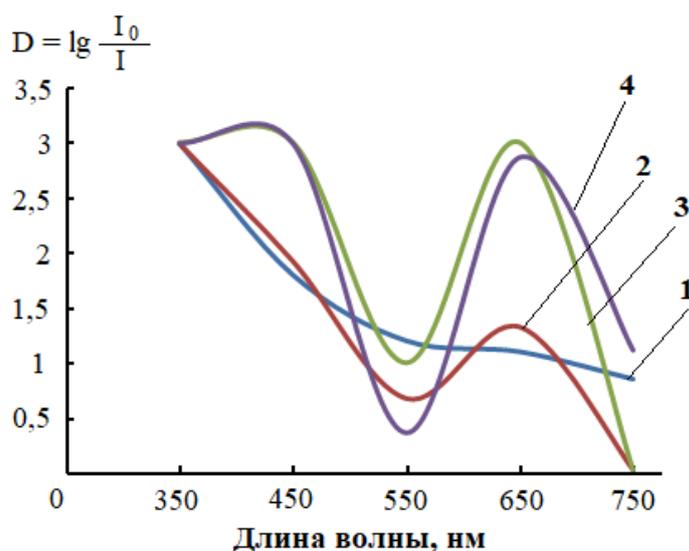


Рис.5 – Спектры поглощения: 1- природных хлорофиллов а и b; 2- окисленных на свету хлорофиллов; 3- феофитина; 4- медь-порфиринового комплекса меди.

Три спектра поглощения (кроме спектра выделенных природных хлорофиллов) в целом сходны. Для феофитина, медь-порфиринового комплекса и окисленных хлорофиллов наблюдаются сходные пики максимумов оптических плотностей при $\lambda = 650$ нм.

Выводы. Было установлено, что полученные медь-порфириновые комплексы меди (II) не способны к фотоокислению. Предположен сходный механизм фотоокисления выделенных в виде водно-спиртового экстракта хлорофиллов и процесса получения феофитина из данных хлорофиллов.

Список литературы

1. Владимиров Ю.А. Физико-химические основы фотобиологических процессов: учебник для вузов / Ю.А. Владимиров, А.Я. Потапенко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2006. – 285 с.
2. Карасев В.Н. Физиология растений: экспериментальные исследования / В.Н. Карасев, М.А. Карасева. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2018. – 312 с.
3. Кудряшов А.П. Физиология растений: лабораторный практикум для студентов биологического факультета / А.П. Кудряшев. – Минск: БГУ, 2011. – 76 с.
4. Чиркин А.А. Биологическая химия : учебник / А.А. Чиркин. – Минск : Высшэйшая школа, 2017. – 432 с.