

ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СОДЕРЖАНИЯ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В РАСТЕНИЯХ ОТ УСЛОВИЙ ОСВЕЩЕНИЯ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ В РАМКАХ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

Глаголева М.А.¹, Жукова Т.В.¹

¹Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва (115409, г. Москва, Каширское ш., 31), e-mail: mag905@yandex.ru

Обсуждается актуальность проведения учебно-исследовательской работы школьников старших классов и студентов первого курса, связанной с изучением свойств растений, выращенных при искусственном освещении люминесцентными лампами с различным спектром излучения. Приведены данные об увеличении массы листьев горчицы и повышении содержания аскорбиновой кислоты в них при усилении синей составляющей в спектре излучения за счет использования ламп ЛФУ 30 вместо ламп ЛБУ 30. При использовании ламп ЛФУ 30 и ЛБУ 30 средняя масса растений составила 13,02 и 8,95 г, а содержание аскорбиновой кислоты в молодых листьях – 89,3 и 77,0 мг/100 г биомассы соответственно. Определено содержание аскорбиновой кислоты в различных частях растения. Учебно-исследовательская работа позволяет приобрести навыки химического анализа многокомпонентных окрашенных систем, способствует закреплению знаний по оптике, формирует у обучающихся представление об аскорбиновой кислоте (витамины С) как природном ингибиторе цепных реакций, возникающих в результате радиолитического распада воды при действии ионизирующих излучений на живой организм. Проведение исследования способствует повышению интереса к химии, усилению мотивации к обучению и укреплению междисциплинарных связей. Отмечена необходимость преодоления хемофобии для воспитания специалистов, способных грамотно реализовывать проекты, не допуская возникновения экологических проблем.

Ключевые слова: преподавание химии, укрепление междисциплинарных связей, мотивация к обучению, хемофобия, аскорбиновая кислота, листовая горчица, спектр излучения, иодометрический метод анализа.

THE STUDY OF DEPENDENCE IN THE ASCORBIC ACID CONTENT IN PLANTS FROM LIGHTING CONDITIONS DURING THEIR CULTIVATION IN THE IMPLEMENTATION OF EDUCATIONAL-RESEARCH

Glagoleva M.A.¹, Zhukova T.V.¹

¹National Research Nuclear University MEPHI (Moscow Engineering Physics Institute) (MEPHI), Moscow (115409, Moscow, Kashirskoe sh., 31), e-mail: mag905@yandex.ru

This is discussed the actuality of educational research carrying out for senior students of middle school and first-year students of high school dealing with the studying of indica plants which have been grown up at artificial illumination by luminescent lamps with a various spectrum of radiation. The data about the increase of mustard leaves weight and ascorbic acid content in them are given at the amplification of the blue component in the spectrum of radiation due to use of LFU 30 lamps instead of LBU 30 some. When using LFU 30 and LBU 30 lamps the average weight of plants was 13,02 and 8,95 mg and the ascorbic acid content in young leaves of 89,3 and 77,0 mg per 100 grams of biomass accordingly. The ascorbic acid content in various parts of a plant is defined. Educational research allows to acquire skills of chemical analysis of multi-component color systems, promotes fastening of knowledge on optics, forms of students' view about ascorbic acid (vitamin C), natural inhibitor of chain reactions resulting from the radiolysis of water under the action of ionizing radiation on living organism. Research implementation promotes increase of interest to chemistry, enhancing motivation for training and strengthening of interdisciplinary communications. Noted that it is necessary to overcome chemophobia in order to educate specialists who are able to competently implement projects without environmental problems.

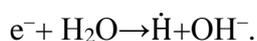
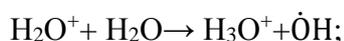
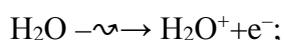
Keywords: the teaching of chemistry, interdisciplinary connections, motivation to training, chemophobia, ascorbic acid, leaf mustard, a radiation spectrum, iodometric method of analysis.

В настоящее время к числу тем, находящихся в центре общественного внимания, относятся проблемы экологии, однако подобный интерес влечет за собой, помимо прочего, и

настороженное отношение к реализации различных проектов, имеющих целью создание новых предприятий химической промышленности и внедрение новых химических технологий. Как отмечено в работе [2], результатом этого является усиление в обществе хемофобии, проявляющейся в нежелании изучать химию в средней и высшей школе и связывать дальнейшую работу с химией как наукой. Следует также отметить общую тенденцию к снижению числа часов, отводимых на химию как в средних, так и в высших учебных заведениях, для которых этот предмет не является профилирующим. Вместе с тем в качестве результата этих тенденций следует ожидать только нарастание экологической угрозы. Однако, как подчеркивал академик Н.Н. Моисеев [6], «все науки, которым мы учим наших питомцев, имеют одинаковую цель – обеспечить будущность существования человека в биосфере». Таким образом, повышение мотивации к обучению химии представляется актуальной проблемой, решение которой может быть достигнуто путем укрепления связей между такими дисциплинами, как химия, физика и биология.

Содержание учебно-исследовательской работы (УИР). Важнейшим условием повышения качества усвоения учебных дисциплин является проведение практических работ, способствующих приобретению обучающимися навыков эксперимента и формированию целостного восприятия процессов, происходящих в природе и технике. С этой точки зрения, на наш взгляд, представляет интерес факультативное изучение школьниками и студентами влияния режима выращивания растений на содержание в них аскорбиновой кислоты (витамина С). Об интересе к роли аскорбиновой кислоты свидетельствуют анализ многочисленных данных, приводимых в Интернете, и в том числе полученных при проведении факультативов для школьников [5]. Однако вопрос влияния спектра источника освещения на выработку витамина С растениями в подобных публикациях не рассматривается, хотя с точки зрения решения проблемы укрепления междисциплинарных связей, особенно в физических вузах, такие сведения представляют большой интерес.

При обсуждении с обучающимися вопроса о роли аскорбиновой кислоты целесообразно подчеркнуть, что витамин С («витамин здоровья»), наряду с витамином Д («витамином плодовитости»), является одним из важнейших веществ, способствующих устойчивости человеческого организма к действию ионизирующих излучений. Так, биологическое действие подобного облучения связано с образованием в организме в результате радиолиза воды радикалов $\dot{\text{O}}\text{H}$ и $\dot{\text{H}}$ [3]:



Эти радикалы далее реагируют с ферментами и белками по цепному механизму, вызывая изменение состава клеток. Следует обратить особое внимание аудитории на то, что поскольку на стадии развития цепи взамен прореагировавших радикалов образуются новые, появление одного радикала может спровоцировать цепочку химических превращений из огромного количества звеньев, а, следовательно, может вызвать существенное нарушение функций организма. Витамины С и Е являются эффективными природными ингибиторами, взаимодействие которых с радикалами приводит к значительному снижению длины цепи [3]. Этот факт вызывает интерес у аудитории, поскольку позволяет сделать вывод о том, что в случае радиоактивного облучения наибольшие шансы на выживание имеют здоровые и плодовитые организмы, способные эффективно восполнить популяцию.

Поскольку организм человека не в состоянии самостоятельно вырабатывать аскорбиновую кислоту, необходимо ее поступление в организм из внешних источников, к числу которых относятся растения. Для проведения УИР целесообразно выбрать в качестве объекта исследования растения, содержащие большое количество аскорбиновой кислоты при условии, что их выращивание не является чрезмерно продолжительным и трудоемким. Богаты витамином С плоды шиповника, сладкий перец, черная смородина и т.д. [1], однако выращивание этих культур в рамках факультативных занятий при использовании искусственного освещения представляется затруднительным, поэтому в качестве объектов исследования целесообразно выбрать такие культуры, как петрушка, листовая горчица и щавель, содержание витамина С в которых достаточно, чтобы химический анализ этих продуктов не вызывал проблем. При проведении исследования нами была выбрана листовая горчица, сведения о влиянии режима освещения на содержание витамина С в листьях которой приведены в [7].

Лучшим для растений является солнечный свет, поскольку филогенетическое развитие растений происходило в условиях солнечного излучения. Однако это не означает, что солнечный свет обеспечивает наилучшие потребительские свойства продукции растениеводства. Например, известно, что содержание аскорбиновой кислоты в луке, выращенном при естественном освещении, невелико, однако оно увеличивается в 1,5-2,5 раза при освещении растений люминесцентными лампами ЛБУ 30 и особенно ЛФУ 30, в спектре которой содержится интенсивная полоса в синей области [5]. Здесь следует обратить внимание обучающихся на ту роль, которую играет в процессе фотосинтеза хлорофилл, окрашивающий листья в зеленый цвет за счет поглощения им света в синей и красной областях спектра [8]. Вместе с тем, хотя синий свет обеспечивает самый высокий фотосинтез, он вызывает торможение роста стебля и поверхности листьев, что при чрезмерном усилении синей составляющей спектра может отрицательно сказаться на

свойствах растения. В связи с этим при проведении УИР целесообразно дополнить данные о содержании аскорбиновой кислоты биоморфологическими показателями.

С учетом вышеизложенного при постановке опытов для освещения растений были использованы лампы ЛБУ 30 и ЛФУ 30, причем последняя отличалась повышенной интенсивностью излучения в синей области спектра благодаря присутствию в покрытии лампы люминофора Л47 (12,5 масс. %). Спектры ламп, полученные с помощью спектрофотометра фирмы Hitachi (модель 850) при возбуждении излучением с $\lambda = 250$ нм, приведены на рис. 1. Мощность каждой лампы – 30 ватт. Облучатель содержал одну лампу, причем его устанавливали так, чтобы расстояние от лампы до верхних листов составляло примерно 5-10 см. Продолжительность эксперимента составляла 1 месяц. Целесообразным представляется использование для сравнения и других люминесцентных ламп, и даже имеющихся в продаже ламп накаливания, рекомендованных производителем для освещения растений и цветов, например лампы R50 Neodymium фирмы Philips. Здесь следует обратить внимание обучающихся на то, что, в отличие от линейчатых спектров люминесцентных ламп, спектры ламп накаливания являются непрерывными и излучают значительную долю энергии в ИК-области. В этой связи для предотвращения ожога листьев такие лампы следует устанавливать на больших расстояниях от растения. Особого внимания заслуживает применение облучателей со светодиодами, благодаря широкой возможности оптимизации спектра излучения [7]. При обсуждении критериев выбора ламп целесообразно использовать сведения из курса оптики о причинах, обуславливающих линейчатый, полосатый или непрерывный спектр излучения, а также о значительном (примерно пятикратном) превышении к.п.д. люминесцентных ламп по сравнению с лампами накаливания.

Содержания аскорбиновой кислоты в выращенных растениях определяли по методике, используемой для окрашенных растительных экстрактов [9]. Для этого взвешивали 3-4 листа (или черешка) растения, после чего истирали их в фарфоровой ступке. Далее добавляли 8-10 мл 5%-ного раствора HPO_3 и продолжали растирание для получения однородной массы. Полученную пробу количественно переносили в мерную колбу на 100 мл, используя для этого 20 мл раствора кислоты, и дистиллированной водой доводили уровень суспензии до метки. Спустя 10 мин. суспензию фильтровали, применяя в целях ускорения процесса в качестве фильтра два слоя бумажных салфеток. Длительная фильтрация нежелательна. Сразу после фильтрации пробу объемом 10 мл титровали 0,001N раствором KJO_3 , титр которого устанавливали по стандартному раствору аскорбиновой кислоты. Анализ подвергали различные части растения по отдельности: верхнюю часть листа, нижнюю, примыкающую к черешку, и черешок. Отдельно анализировали свежие побеги.

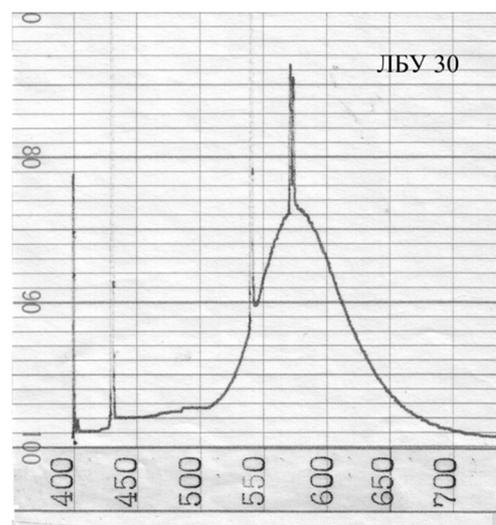
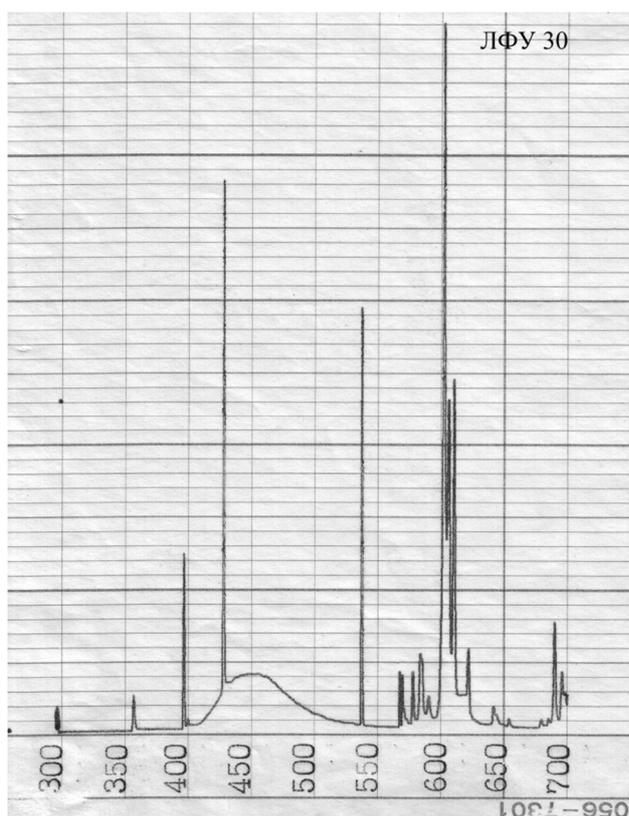


Рис. 1. Спектры люминесценции источников освещения ЛФУ 30 (слева) и ЛБУ 30 (справа). По горизонтальной оси указана длина волны в нм.

При проведении химического анализа следует обратить внимание обучающихся на то, что, помимо аскорбиновой кислоты, в отдельных растениях могут присутствовать другие органические кислоты, например: яблочная, лимонная и пр. Все эти кислоты, в отличие от аскорбиновой кислоты, иодатом калия не титруются. Обучающимся предлагается проверить это самостоятельно. При наличии возможности целесообразно не ограничиваться анализом содержания аскорбиновой кислоты только на стадии получения конечного продукта, а дополнить исследование определением этого параметра на различных этапах роста растения. Это обусловлено тем, что по мере роста содержание в растении аскорбиновой кислоты может как увеличиваться, так и уменьшаться [4]. Проведение химического анализа только на стадии получения готового продукта было продиктовано потребностью в снижении трудоемкости исследования. Эта часть экспериментальной работы важна для формирования у обучающихся представления о понятии «представительная проба», а также об особенностях анализа многокомпонентных окрашенных систем.

Результаты эксперимента по изучению влияния спектра облучателя на качество выращенного растительного продукта (листовой горчицы) приведены в табл. 1. Для расчета показателей для облучателя каждого типа использованы данные по 12 растениям.

Сопоставление приведенных данных показывает, что использование источника освещения с увеличенной интенсивностью излучения в синей области спектра (ЛФУ 30) позволило не только увеличить массу продукта, но и улучшить его качество за счет повышения содержания аскорбиновой кислоты. Это было характерно для всех частей

растения, а не только для верхней части листа горчицы, наиболее богатой соответствующим компонентом.

Таблица 1

Содержание аскорбиновой кислоты и биоморфологические показатели в листовой горчице в зависимости от выбора облучателя

Тип лампы	Содержание аскорбиновой кислоты, мг/100 г биомассы				Биоморфологические показатели	
	Черешок	Верхняя половина листа	Нижняя половина листа	Молодой лист	Средняя масса, г	Среднее количество листьев
ЛФУ 30	25,8	74,1	64,6	89,3	13,02	5,76
ЛБУ 30	24,2	57,6	47,3	77,0	8,95	5,18

Таким образом, в результате реализации предложенной УИР обучающиеся приобретают сведения о зависимости качества выращенных растений от спектра источника освещения, которые можно использовать в повседневной практике. Кроме того, они получают навыки проведения химического анализа многокомпонентных систем, связанного с выработкой представления о факторах, искажающих результаты анализа. При реализации УИР обсуждаются причины, обуславливающие происхождение линейчатых и непрерывных спектров излучения и различие в к.п.д. люминесцентных ламп и ламп накаливания, а также роль радиолиза воды как фактора биологического действия ионизирующих излучений, и роль витамина С как ингибитора цепной реакции, повышающего устойчивость организмов к подобному воздействию. В результате у обучающихся формируются знания и навыки, способствующие повышению эрудиции и укреплению связей между преподаваемыми в средней и высшей школе дисциплинами.

При проведении аналогичных работ можно рекомендовать изучение влияния спектра облучателя на содержание не только аскорбиновой кислоты, но и других биологически активных веществ, например витамина Е или каротина. Проведение подобных исследований может быть организовано на базе кафедр общей химии непрофильных вузов.

Заключение. Предложенная учебно-исследовательская работа (УИР), посвященная изучению влияния спектра источника освещения на содержание аскорбиновой кислоты в растениях, предназначена для осуществления учебного процесса в рамках факультатива для школьников старших классов и студентов первого курса. Ее внедрение позволяет укреплять связи между такими дисциплинами, как биология, химия и физика, формировать навыки

экспериментальной работы, повышая качество образования, а также способствует преодолению хемофобии и усилению мотивации к обучению.

Список литературы

1. Блинова К.Ф. и др. Ботанико-фармакогностический словарь : справ. пособие / под ред. К.Ф. Блиновой, Г.П. Яковлева. – М., 1990. – С. 19.
2. Введение представлений о токсичности веществ в общей школе / Кучер Е.Н. и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. - URL: www.science-education.ru/108-8878 (дата обращения: 14.04.2015).
3. Горшков В.И., Кузнецов И.А. Основы физической химии. - М., 2006. – С. 341, 344.
4. Кеорели В.И., Сидоренко О.Д. Физиология растений с основами микробиологии. – М., 1991. - 335 с.
5. Кононенко П.Ф., Камалеев Х.Б., Гинс М.С. Перспективные технологии выращивания зелени лука репчатого для функционального питания. – М., 2006. – С. 50-51.
6. Моисеев Н. Кризис современного образования // Наука и жизнь. – 1998. – № 6. – С. 2-9.
7. Облучатели для растениеводства с люминесцентными лампами низкого давления и светодиодами / В.И. Седов и др. // Гавриш. – 2010. – № 3. – С. 42-45.
8. Протасова Н.Н. Светокультура как способ выявления потенциальной продуктивности растений // Физиология растений. – 1987. – Т. 34. – Вып. 4. – С. 812.
9. Сапожникова Е.В., Дорофеева Л.С. Определение содержания аскорбиновой кислоты в окрашенных растительных экстрактах иодометрическим методом // Консервная и овощесушильная промышленность. – 1966. – № 5. – С. 29-30.
10. Солодова В.И., Волкова Л.А., Волков В.Н. Определение витамина С в овощах и фруктах // Химия в школе. – 2002. – № 6. – С. 63.

Рецензенты:

Капустин Ю.И., д.п.н., профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», г. Москва;

Винокуров Е.Г., д.х.н., профессор кафедры аналитической химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», г. Москва.