

МАОУ "Татановская СОШ"

Опытно-исследовательская работа

Изучение физиологических особенностей *Chlorophytum Comosum* в условиях различного спектрального состава света

Выполнил ученик 9 класса

Мамонтов Михаил

Научный руководитель: учитель
химии

Беляева Валерия Евгеньевна

С. Куксово, 2021

Содержание

Введение	3
1. Теоретическая часть	4
1.1 Светодиоды и их применение в растениеводстве	4
1.2 Классификация светодиодов	4
1.3 Применение светодиодных ламп при выращивании комнатных растений	4
1.4 Перспективы использования светодиодных облучателей	5
1.5 Фотосинтетически активная радиация (ФАР)	6
1.6 Влияние количества света на фотосинтетический аппарат растений	10
1.7 Влияние света на рост и развитие растений	12
2. Практическая часть	
2.1 Материал и методы исследований	12
2.2 Результаты и их обсуждение	13
3. Выводы	15
4. Заключение	16
5. Список используемой литературы	17
Приложение 1	18

Введение

В настоящее время широкое распространение получил способ выращивания культурных растений в теплицах. Это позволяет получать плоды растениеводства круглый год в независимости от внешних условий. Однако указанный способ растениеводства является энергозатратным, так как требуется обогрев и искусственное освещение. Снижение энергозатрат на обогрев возможно путем выбора рациональной конструкции теплицы, использованием тепловых насосов, утилизацией попутного тепла ТЭС, ТЭЦ и т. д. Так как освещение осуществляется с помощью электричества, то снижение затрат на освещение возможно путем повышения эффективности преобразования электричества в свет, а также подбором его спектрального состава.

Актуальность. Использование светодиодов - одна из инновационных ресурсосберегающих технологий в растениеводстве. Внедрение данной технологии - это актуальная необходимость нашего времени, особенно в регионах с малым количеством солнечных дней и продолжительной зимой.

Проблема: Как подобрать спектр света для выращивания комнатных растений, чтобы сохранялось оптимальное соотношение снижения энергозатрат и нормального роста и развития растений?

Объект исследования – комнатные растения *Chlorophytum Comosum*.

Предмет исследования – влияние различного спектрального состава света на физиологические особенности *Chlorophytum Comosum*.

Цель: Изучить влияние спектрального состава и интенсивности света на физиологические особенности *Chlorophytum Comosum*.

Задачи исследования:

1. Изучить литературу по данной проблеме.
2. Вырастить *Chlorophytum Comosum* в условия различного спектрального состава света.
3. Проанализировать морфологические характеристики растений.
4. Оценить интенсивность фотосинтеза в условиях различного спектрального состава света.
5. Сделать выводы.

Работа выполнена на базе лаборатории агротехнологий МАОУ "Татановская СОШ".

1. Теоретическая часть

1.1 Светодиоды их применение в растениеводстве

Светоизлучающие диоды (СИД) имеют технические преимущества перед традиционными источниками освещения и представляют перспективные технологии для тепличного выращивания растений. Светодиод (англ. light-emitting diode, LED) - полупроводниковый прибор, создающий оптическое излучение в видимой области спектра. Светодиод состоит из полупроводникового кристалла на подложке, корпуса с контактными выводами и оптической системы. Свечение возникает при рекомбинации электронов и дырок в области р-п-перехода при пропускании электрического тока (из-за перехода электронов с одного энергетического уровня на другой). Светодиоды излучают свет в узком спектре, который определяется полупроводниковым материалом. В продажу в основном поступают светодиоды различных цветов: синий, голубой, зеленый, янтарный, красно-оранжевый, красный и т.д. Срок службы СИД составляет более 50000 часов. Появление и развитие светодиодов в растениеводстве позволяет предполагать, что в ближайшие годы светодиоды могут стать одним из основных источников облучения в защищенном грунте. Научно и практически доказано, что для освещения растений можно использовать источники света на основе светодиодов различного цвета свечения. Современная промышленность выпускает светильники на основе светодиодов синего и красного цвета. Они способны повысить урожайность и качество продукции.

1.2 Классификация светодиодов

В корпусе светодиода находится один (однокристалльные светодиоды) или несколько кристаллов (многокристалльные светодиоды, или матрицы). Современные светодиоды (СИД) можно разделить на несколько групп по потребляемой мощности и рабочему диапазону токов: индикаторные, сверх яркие и мощные. В растениеводстве применяются мощные СИД. Мощные СИД имеют самые большие размеры кристаллов и наибольшие значения световой отдачи (более 50 лм/Вт для белого цвета). Основным применением мощных светодиодов является различное осветительное оборудование. Отдельно стоит остановиться на светодиодных модулях. СИД -модули представляют собой сборку из многих кристаллов, соединенных в последовательно-параллельные цепочки на одной плате. Выпускаются в виде плат с контактами для пайки и отверстиями для крепления. В последнее время светодиоды стали классифицировать и по применению. Светодиоды должны удовлетворять определенным требованиям к световому потоку и цветовой температуре.

1.3 Применение светодиодных ламп при выращивании комнатных растений

При выращивании комнатных растений зачастую требуется сочетания естественного света с искусственным в качестве досветки. Существует множество ламп искусственного досвечивания, правда, не все они могут быть полезными для комнатных цветов. К примеру, люминесцентные лампы не рекомендуется использовать в качестве подсветки для домашней растительности. Спектр таких устройств не может обеспечить необходимое освещение цветам. Независимо от того, какой тип подсветки выбран, грамотная организация искусственного досвечивания осуществляется с учетом оптической длины волн. Оптимальное светодиодное освещение для растений бывает двух видов:

- Подсветки с синим спектром в диапазоне от 430 до 455 нм. Данные приборы используют в период активного роста и развития растений. УФ-лучи способствуют синтезу ингибиторов роста, которые непосредственно влияют на укрепление, полноценное формирование и увеличение плотности растений.
- Подсветки с красным спектром - 600 нм. Эта светодиодная лампа для растений используется на этапе формирования цветочных бутонов на протяжении всего периода цветения. Красно-оранжевый свет стимулирует активное развитие и созревание плодов, наращивание зеленой массы и корневой системы. В синем спектре другие диапазоны не пригодны в качестве дополнительного освещения домашних цветов. Соотношение синего и красного спектра для каждого растения на определенном этапе роста и развития будет разным. Поэтому, выбирая светодиодные светильники для растений, необходимо досконально ознакомиться с требованиями комнатных растений к освещению, а также, с характеристиками досвечивающих приборов. При выборе такого освещения не стоит забывать и о площади помещения, в котором произрастают комнатные цветы.

1.4 Перспективы использования светодиодных облучателей

Широкую популярность в последние годы получили новые светоизлучающие диоды (СИД) - узкополосные источники облучения, выполненные на основе полупроводниковых кристаллов. СИД создают уникальные возможности для развития светокультуры растений, в том числе для разработки методов тонкой регуляции физиологических процессов в растениях. Всесторонняя физиологическая оценка воздействия СИД на рост и развитие растений представляет фундаментальный вопрос физиологии в области светокультуры растений. Для источника света, используемого в таком энергоемком процессе, как дополнительное освещение растений, необходимо иметь, возможно, более высокий КПД в области ФАР. Для современных натриевых ламп высокого давления он составляет 32–33%, для СИД находится пока на уровне 25 - 30 % и выше. СИД не превышают по размерам обычные пальчиковые лампы накаливания, поэтому блоки этих ламп весьма компактны. Образованная таким набором светящаяся поверхность может

давать облученность около 100 Вт/м^2 в области ФАР. В настоящее время наиболее распространены светодиодные облучатели, изготовленные на базе галлий-алюминий-арсенида (GaAlAs) и излучающие в красной области спектра. В последние годы появились светодиоды на базе различных галлий-нитридных комплексов (GaN, InGaN, AlGaN), дающие излучение в синей области спектра. Так же разработаны лампы излучающие в зеленой, желтой и оранжевой областях спектра. Однако все они дают менее интенсивный поток излучения, чем светодиоды, излучающие в красной области спектра. Это объясняется несовершенством полупроводниковых материалов. Таким образом, важной особенностью светодиодов является их способность излучать кванты практически в любой части видимого спектра. Применение люминофоров позволяет ещё более разнообразить набор спектральных характеристик излучения от светильников на базе СИД. Это делает перспективным применение светодиодных светильников для выращивания растений в интенсивной светокультуре при условии научного обоснования выбора оптимальных цветовых комбинаций для конкретных видов и сортов растений. Кроме того, такие источники освещения решают вопрос генерации света большой яркости с очень малым потреблением энергии на его производство, что позволит существенным образом уменьшить затраты на энергопотребление. Таким образом, использование светодиодов - одна из инновационных ресурсосберегающих технологий в растениеводстве. Внедрение данной технологии - это актуальная необходимость нашего времени, как в регионах с малым количеством солнечных дней, так и регионах с повышенным радиационным фоном. Следует отметить основные достоинства и недостатки светодиодных облучателей применительно к специфике тепличного хозяйства. К достоинствам СИД относятся:

- высокая световая отдача (более 100 лм/Вт для белых СД);
- высокий срок службы (до 30 тыс. час.);
- узкая область спектра в диапазоне ФАР;
- высокий КПД и коэффициент использования светового потока облучателей на основе СИД;
- возможность размещения облучателей с СИД непосредственно над растением или непосредственно в ценозе;
- безопасность и экологичность для человека и окружающей среды.

1.5 Фотосинтетически активная радиация (ФАР)

Свет является источником энергии для фотосинтеза. Пигменты фотосинтетического аппарата, функциональные комплексы мембран хлоропластов осуществляют поглощение и первичную трансформацию энергии квантов в форму АТФ и НАДФН - продуктов,

используемых в углеродных циклах для синтеза органических веществ из углерода углекислого газа. Вместе с тем количество и качество получаемой растением лучистой энергии определяет саму структуру фотосинтетического аппарата, а также оказывает регуляторное воздействие на его функциональную активность. При изучении действия оптического излучения на растения всегда необходимо учитывать, что в физиологических процессах участвуют только та часть излучения, которая поглощается растительными тканями. Выращенные методом светокультуры растения, используя лучистую энергию искусственных источников освещения, не создают новых запасов энергии на земле, как это происходит в процессе фотосинтеза при естественном облучении, а лишь трансформируют лучистую энергию облучателей в химическую энергию растений. Полнота поглощения лучистой энергии растениями зависит главным образом от спектрального состава излучения и оптических свойств листьев, которые определяются в основном толщиной листовой пластинки и концентрацией пигментов. Оптимизация спектрального состава света для фотосинтеза в значительной степени сказывается на ходе продукционного процесса. Поэтому исследования спектральной эффективности фотосинтеза - один из путей решения проблемы оптимизации световых условий для протекания продукционного процесса. Такие исследования проводятся на различных уровнях организации фотосинтетического аппарата. Ключевым моментом взаимодействия растения со световым потоком является процесс поглощения последнего. Только поглощённая энергия способна запасаться в растении в виде химических связей, что и определяет формирование урожая. Эффективность утилизации лучистой энергии сильно зависит от оптических свойств растительного организма. Основными фитоэлементами, поглощающими лучистую энергию, являются листья. В меньшей степени лучистую энергию способны поглощать, а тем более утилизировать, стебли растений, а в ряде случаев - хозяйственно-полезные органы: плоды, колосья, ягоды и т. д.. Основными пигментами высших растений, обеспечивающими поглощение лучистой энергии и её использование на построение биомассы, являются зелёные пигменты - хлорофиллы а и б. Менее эффективную роль в поглощении и преобразовании энергии на фотосинтез играют жёлтые пигменты - каротиноиды. Содержание хлорофилла говорит о фотосинтетическом потенциале сорта; содержание каротиноидов свидетельствует в первую очередь о потенциале устойчивости листьев к фотострессу, т. е. о возможности нейтрализовать атомы активного кислорода, образующегося при избытке солнечной энергии, поступающей в клетки листа. Помимо этого, высокое содержание каротиноидов в клетках листа указывает на устойчивость растений к стрессорам, например, к весенним повреждающим факторам. Скорость прироста хлорофилла колеблется в зависимости от

сортовых особенностей растений, и так же как продуктивность фотосинтеза генетически обусловлена. Хлорофиллы поглощают в основном в синей (400 -500 нм) и красной (600 - 700 нм) областях спектра, каротиноиды преимущественно в синей области спектра. На рисунке 1 спектры поглощения пигментов представлены в «чистом» виде, после выделения из зелёных листьев.

В нативном состоянии, то есть при естественной агрегации внутри листа, эти пигменты играют основную роль в селективном поглощении света листовой пластинкой. Сейчас накоплены многочисленные данные по спектрам поглощения света листьями различных растений. Обобщение этих данных позволяет говорить о спектральной кривой поглощения «среднего» зелёного листа.

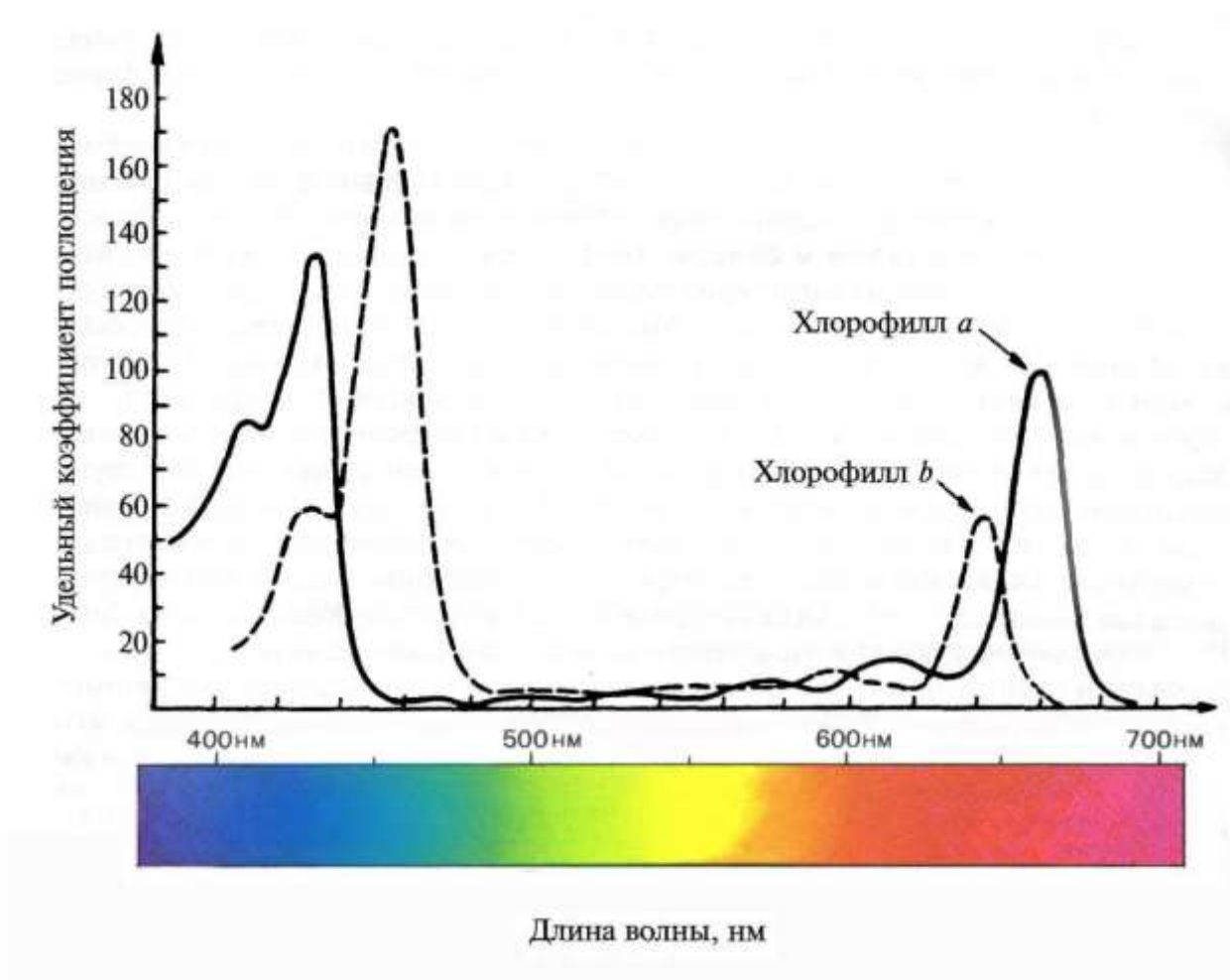


Рис.1. Спектры поглощения хлорофиллов, a и b.

В УФ области спектра (300-400 нм) поглощение лучистой энергии очень высоко и достигает 90-99 %. Оно обусловлено тем, что основные клеточные структуры: протоплазма и клеточная оболочка - сильно поглощают в этой области спектра. Именно поэтому поглощение ультрафиолетовых лучей практически одинаково для листьев различных видов растений. В области ФАР поглощение света весьма велико и имеет два чётких максимума - в синей (400 -500 нм) и красной (600 -700 нм) областях. Эти

максимумы обусловлены, в первую очередь, содержанием в листьях хлорофиллов а и b. «Размытость» максимумов поглощения у зелёного листа в сравнении с максимумами поглощения выделенных в чистом виде хлорофиллов (рис.1) связана с сильным рассеянием света в толще листа. В среднем в синей и красной областях спектра поглощается около 80-90 % падающего излучения. Это послужило причиной того, что при выращивании растений в условиях светокультуры использовались источники освещения, в которых либо вообще не содержалось зелёных лучей, либо их содержание сводилось к минимуму. Позже эта точка зрения подверглась коррекции. Зелёные лучи, обладая высокой проникающей способностью, обеспечивают световой энергией листья более низко расположенных ярусов, куда синие и красные лучи почти не проникают. Поэтому поглощающая способность листа не только в синей и красной, но и в зелёной области спектра несёт определённую функциональную нагрузку и имеет свой биологический смысл. Возникающие пики поглощения связаны с поглощением водой, содержание которой в листьях может достигать 90%, а иногда и выше. Начиная примерно с 2000 нм, поглощение радиации становится практически неселективным и достигает 96 -98 % от падающего. Таким образом, фактически все рассмотренные спектральные диапазоны оптического излучения хорошо поглощаются листьями растений. Однако возможное использование поглощённой энергии на различные процессы жизнедеятельности растений крайне неравноценно и определяется конкретным спектральным диапазоном. Так, в УФ области спектра (300-400 нм) поглощённая энергия нужна для обеспечения в основном регуляторных процессов, поэтому она требуется в небольших количествах. И содержание лучей коротковолновой части УФ диапазона в солнечном излучении также незначительно. Биологический же смысл высокой поглощательной способности листа связан, вероятно, с необходимостью более полного улавливания этих небольших количеств энергии. При использовании искусственного облучения растений в условиях светокультуры ситуация резко меняется. Искусственные источники света позволяют создавать высокоинтенсивные потоки лучистой энергии, как в длинноволновой, так и в коротковолновой областях УФ радиации. Поэтому для условий светокультуры существует ограничение - источники света не должны содержать больше нескольких процентов коротковолнового УФ излучения от интегрального лучистого потока. Как отмечалось выше, поглощающая способность листа в видимой области спектра сильно зависит от содержания хлорофиллов. Очевидно, что светло-зелёные листья будут поглощать меньше световой энергии, чем тёмно-зелёные. Однако существуют пороговые концентрации хлорофиллов в расчёте на единицу поверхности листа, начиная с которых коэффициенты поглощения излучения в

видимой области спектра практически не меняются. Для листьев растений, сформировавшихся в условиях светокультуры, коэффициент поглощения белого света (400-700 нм) не зависит от содержания хлорофиллов, начиная с концентрации 3-3,5 мг/дм², а для синих и красных лучей - начиная с 2,5-3 мг/дм². По данным И. А. Шульгина для зелёных лучей пороговая концентрация хлорофиллов составляет 3 - 3,5 мг/дм². Им же показано, что для относительно слабо поглощаемых зелёных лучей коэффициент поглощения не зависит от толщины листа, начиная с толщины 120 - 180 мкм. Следует полагать, что для сильно поглощаемых синих и красных лучей такие пороговые значения толщины листьев ещё меньше. Важно, что большинство видов растений имеют толщину листьев, превышающую эти пороговые значения. Ещё одним важным показателем является оводнённость листьев. Доказано, что увеличение содержания воды в листьях более 70 % способствует уменьшению их поглощательной способности, так как структура листа становится более рыхлой, а «проскок» квантов света без взаимодействия со структурой листа - более вероятным. Таким образом, достижение рассмотренных предельных значений концентрации хлорофиллов, толщины листьев и содержания в них воды ограничивают поглощение света средним листом в области ФАР величиной 80 - 85 %. Установлено, что у растений листья в пространстве располагаются так, чтобы при дефиците света максимально поглощать падающую энергию, а при избытке уменьшать световое поглощение. Это наглядно видно у растений в ценозах. Например, у ценозов пшеницы верхние листья, получающие много света, имеют ориентацию, близкую к вертикальной, а листья средних и нижних ярусов, получающие меньшее количество световой энергии, имеют более горизонтальную ориентацию. В условиях искусственного облучения растений, когда источники света расположены, как правило, неподвижно относительно растений, правильный выбор угла падения световых лучей на ценоз может оказать большое влияние на рациональное использование света растениями.

1.6 Влияние количества света на фотосинтетический аппарат растений

Помимо спектра излучения ФАР, падающего на растение, немалое значение имеет и интенсивность этого излучения, т.е. количество квантов ФАР, достигающих растений. Воздействие интенсивности потока квантов на фотосинтезирующие растения изучено гораздо шире, чем действие его спектрального состава. В благоприятных условиях минерального питания и освещения у растений формируется листовая поверхность, а также активизируется фотосинтетическая деятельность, способные полностью обеспечить ростовые и репродуктивные процессы, закодированные в геноме. В неблагоприятных световых условиях у растений в процессе эволюции выработались компенсаторные механизмы, восполняющие недостаток одного параметра другим. Так, при низких

интенсивностях светаневысокий фотосинтез частично компенсируется усиленным ростом площади листьев, в то время как при высоких интенсивностях света меньшая листовая поверхность может компенсироваться повышенной скоростью ассимиляции CO_2 . В итоге относительно улучшается количественный баланс поглощенной энергии как у теневых, так и у световых растений. Н.Н. Протасова отмечает, что длительное выращивание растений при высоких или низких интенсивностях света обеспечивает развитие компенсаторных механизмов, носящих адаптивный характер. Так, высокие интенсивности ФАР вызывают резкое торможение роста осевых органов, при этом включаются специфические ингибиторные механизмы, проявление которых на слабых интенсивностях не наблюдалось. Свет высоких (насыщающих) интенсивностей вызывает снижение содержания в растениях фитогормонов и накопление флавоноидных соединений и природных ингибиторов роста. При этом меняется скорость роста и продуктивность растений. При оптимальных интенсивностях света соотношение ингибиторов роста и 19 фитогормонов хорошо сбалансировано - происходит оптимальная саморегуляция ростовых процессов. При длительном выращивании растений при различных интенсивностях света вплоть до насыщающих, равных максимальным солнечным -500 Вт/м^2 ФАР, при 16-ч фотопериоде по мере возрастания интенсивности света увеличиваются скорость фотосинтеза и размер листовой поверхности. Однако при интенсивностях, превышающих 250 Вт/м^2 ФАР, тормозится рост площади листьев и подавляется рост стебля. Для удобства оценки и стандартизации получаемых результатов для условий светокультуры на основании экспериментальных данных можно дать следующие определения трем основным диапазонам применяемых интенсивностей ФАР.

1. Низкая интенсивность ФАР (минимально допустимая) - диапазон интенсивностей, при котором рост вегетативных органов происходит, но не образуются полноценные генеративные органы. При этом фотосинтез имеет низкие показатели. Для светолюбивых растений это интенсивности в диапазоне $15-30 \text{ Вт/м}^2$.
2. Оптимальная интенсивность ФАР - диапазон интенсивностей, при котором наблюдается максимальное накопление биомассы в единицу времени. При этом она составляет $50-70\%$. Фотосинтез и рост хорошо сбалансированы. Для светолюбивых растений это диапазон ФАР $150-220 \text{ Вт/м}^2$.
3. Насыщающая интенсивность ФАР - максимальная интенсивность света, при которой достигается выход фотосинтеза на плато светового насыщения, т. е. максимальный фотосинтез. При этом, наблюдается торможение роста стебля и других осевых органов -

растения приобретают низкорослую форму. Общей биомассы накапливается меньше, чем при оптимальной интенсивности, так как рост заторможен (400 Вт/м² и более).

Таким образом, интенсивность света, а также совокупность технико-экономических показателей источников являются важнейшими факторами, определяющими скорость, качество процессов фотосинтеза, роста и продуктивности растений.

1.7 Влияние света на рост и развитие растений

Исходя из теории фотосинтетической продуктивности рост, накопление биомассы и общая продуктивность растений определяется функциональной активностью (ФСА). Поэтому спектральный состав и интенсивность света, оказывая влияние на структурно – функциональное состояние ФСА, могут влиять на продукционный процесс растений. Вместе с тем влияние количества и качества света на рост, развитие и морфогенез растений может осуществляться через фоторецепторные системы, участвующие в регуляции морфогенетических программ в растениях. Кроме того, сам фотосинтетический аппарат, реагируя на спектральные составляющие света и его интенсивность, является важным участником процессов восприятия внешнего светового сигнала и его трансформации в растениях. Таким образом, свет несет важную информацию, используемую растениями для регуляции роста и развития, что свидетельствует о его сигнальной роли.

2. Практическая часть

2.1 Материал и методы исследований

Работа выполнена на базе лаборатории агротехнологий МАОУ "Татановская СОШ". Для эксперимента использовали хлорофитум хохлатый *Chlorophytum Comosum* – это светолюбивое комнатное растение.

Было использовано одно маточное растение, таким образом, генотипы опытных форм были одинаковыми за исключением мутаций. От маточного растения было отделены черенки (2-3 листа) и поставлены на укоренение. После образования корней растения высаживали в кассеты, наполненные субстратом (7 частей земли, 2,5 песка и 0,5 древесной золы.) Растения выращивали в светоизолированных боксах в установке «Фотон» со светодиодными источниками света. Выращивали при комнатной температуре, фотопериод составлял 16 часов, при ежедневном поливе.

Установка включает три изолированных камеры, следовательно было использовано три варианта светового облучения:

1 камера – красный свет, длина волны 600 нм, интенсивность света 1961 мВт/м².

2 камера – синий свет, длина волны 450 нм, интенсивность света 2255 мВт/м².

3 камера - дневной свет длина волны 594 нм, интенсивность света 511 мВт/м².

2.2 Результаты и их обсуждение

Растения выращивались в изолированных боксах в течение месяца. Результаты оценивались по 2 показателям: морфологические характеристики (внешний вид растения, ширина и длина листьев, интенсивность окраски) и интенсивность фотосинтеза.

Морфологические характеристики.

	Камера №1	Камера №2	Камера №3
Длина листьев	11 см	13 см	16 см
Ширина листьев	0,7 см	0,7 см	0,8 см
Общий вид, интенсивность окраски	Интенсивность окраски средняя, сухие края листьев	Интенсивность окраски средняя, листья здоровые	Листья здоровые, окраска ярко выражена

Анализ морфологических характеристик позволяет заметить, что наиболее благоприятен для растений оказался дневной свет. Листья растений в камере с дневным свет выглядят более здоровыми, имеют насыщенный зелёный цвет. Листья растений в камере с красным и синим светом меньше по длине в среднем на 3-5 см. Ширина примерно одинакова. Кроме того, листья растений в камере №1 имеют сухие края. Синяя часть спектра может влиять на морфологию растения: размер и форму куста/листьев, длину стебля. Синий свет достаточно эффективен на раннем этапе развития растения (вегетативная фаза), а затем его эффективность снижается. Красный свет - наиболее эффективный диапазон, с точки зрения количества фотонов, поглощаемых растением на всех этапах развития. Красный свет способствует цветению, прорастанию почек, росту стеблевых листьев. Однако для благоприятного роста растения одного красного света оказалось недостаточно.

Оценка эффективности фотосинтеза.

Для оценки эффективности фотосинтеза вырезали из листьев растений каждой камеры кусочки, поместили в пробирку с водой (2 — 3 мл) и прокипятили 3 мин, чтобы увеличить проницаемость цитоплазмы. Затем слили воду и прокипятили на водяной бане несколько раз в этиловом спирте (по 2 — 3 мл), каждые 1—2 мин меняя раствор, пока кусочек ткани листа не обесцветился. Слили последнюю порцию спирта, добавили немного воды для размягчения тканей листа (в спирте они становятся хрупкими), поместили кусочек ткани в чашку Петри и обработали раствором иода. Наблюдали, что синее окрашивание листьев из камер №1 и №2 имеет среднюю степень выраженности, в то время как синее окрашивание листьев камеры №3 ярко выражено. Это свидетельствует о том, что листья

растений камеры №3 накопили в ходе вегетации большее количество крахмала, чем в камере №1 и №2. Скорость и интенсивность фотосинтеза при дневном свете выше, чем при красном и синем освещении.

3. Выводы

- 1.** Для нормального роста и развития растений не достаточно излучения какого-либо одного спектра света, так как каждый спектр выполняет свою функции и оказывает определенное влияние на рост и развитие растения.
- 2.** Наиболее благоприятным для роста растений Хлорофитум хохлатый оказался белый дневной свет, так как он включает несколько спектров света с разной длиной волны.
- 3.** Интенсивность света не оказывает влияния на рост и развитие растения, при условии, что данный показатель не ниже нормы.

4. Заключение

Таким образом, наиболее целесообразно выращивать растения при белом дневном свете. Использовать определенный спектр света можно периодически с целью стимуляции какого-либо процесса в организме растения. Например, если необходимо стимулировать цветение, прорастание почек, можно использовать красный спектр света. Для набора зелёной массы возможно использование синего спектра света.

Наше исследование будет продолжено. Мы планируем изучить влияние различных спектров света на культурные растения, предназначенные для выращивания в теплицах.

5. Список использованной литературы

1. Безверхов И.М. Элементы цветоведения и цветовые характеристики декоративных растений. [Электронный ресурс]/ Безверхов И.М// Москва 2009.
2. Светодиод/[электронный ресурс] <http://dic.academic.ru>
3. Юнович . А.Э. Светодиоды и их применение для освещения/. Юнович А.Э под редакцией Ю.Б. Айзенберга.// Москва Знак - 2011. 280 с.
4. Туркин А.Н. Полупроводниковые светодиоды./ Туркин А.Н.//Журнал Полупроводниковая светотехника -2011,№5.
5. Вороникин А.А. Светодиодные лампы для комнатных растений[Электронный ресурс] / А.А Вороникин //Москва -2005, №43-
6. Беркович Ю.А., Космические оранжереи: настоящее и будущее/ Беркович Ю.А., Кривобок Н.М., Смолянина С.О., Ерохин А.Н/ Космические оранжереи: настоящее и будущее//. Москва: изд-во «Слово», 2005. - 367 с.
7. Аверчева, О.А. Физиологические эффекты узкополосного красно-синего освещения растений: автореф. дис.канд.биол. наук: 03.01.05 / Аверчева Ольга Владимировна. - М., 2010. - 25 с
8. Прикупец, Л.Б. Светодиодные облучатели и перспективы их применения в теплицах / Прикупец, Л.Б /Теплицы России//Воронеж -2010. - № 1. - С. 52-55.

1. Посадка



2. Выращивание



3. Растения через месяц:



4. Оценка морфологических характеристик:



5. Оценка эффективности фотосинтеза:

