

УДК 621.311

**ТРЕБОВАНИЯ К СПЕКТРАЛЬНОМУ СОСТАВУ
ИСТОЧНИКОВ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО ОБЛУЧЕНИЯ
РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА**

Степанцов В.П., к.т.н., доцент,

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

На продуктивность растений, выращиваемых в условиях защищенного грунта, существенное влияние оказывают многие факторы, среди которых особо следует выделить параметры микроклимата, такие как состав, влажность и температура окружающей среды, в которых обитают растения, интенсивность и спектральный состав оптического излучения (ОИ), необходимого для обеспечения реакции фотосинтеза, соотношения периодов освещения и отсутствия света (дня и ночи)¹. Указанные факторы взаимосвязаны, дополняют друг друга, строго нормируемы и имеют оптимальные значения, определяющие качество и количество продукции. Для получения максимального качества и количества продукции нежелательно изменять оптимальные параметры и их сочетания, например, уменьшать значения температуры или влажности окружающей среды за счет увеличения интенсивности ОИ, периода освещения или изменения его спектрального состава, и наоборот.

Световой режим является основополагающим при создании микроклимата сооружений защищенного грунта, определяет процесс фотосинтеза образования органических соединений и никаким другим агротехническим приемом не может быть заменен. Он определяется не только количеством энергии ОИ, упавшим на приемник – лист растения, но и спектральным составом, а также параметрами фотопериодизма, во многом зависит от вида, сорта и фазы вегетационного развития растения, которое подвергается облучению.

Каждому участку спектра ОИ предназначена своя роль в жизне-

деятельности растений (рис. 1). Для растений физиологически активное излучение, при котором происходит фотосинтез, биоценоз пигмента, фотоморфогенез и другие процессы, расположено в интервале 280...750 нм [1, 2]. Внутри этих границ выделены спектральные диапазоны со следующими физиологическими характеристиками:

- Ультрафиолетовые (УФ) лучи диапазона 280...380 нм оказывают незначительное влияние на жизнедеятельность растений, например, на процесс синтеза хлорофилла они практически не действуют, однако их присутствие в общем потоке спектра источников целесообразно в небольших количествах (несколько процентов суммарного потока). УФ лучи поддиапазона 280...315 нм способствуют процессу закаливания растений, повышая их холодостойкость. Длинноволновые УФ лучи (315...380 нм) необходимы для обмена веществ и роста растений. Они задерживают вытягивание стеблей, повышают содержание витамина С и других, играя регуляторную роль в развитии.

- В спектре поглощения фотосинтетической активной реакции (400...700 нм) принято выделять три физиологически значимые для растений участка, условно названные: "синим" (400...500 нм), "зеленым" (500...600 нм) и "красным" (600...700 нм):

- "Синий" участок фотосинтетически активной реакции (ФАР) состоит из фиолетовых (380...450 нм) и синих (450...480 нм) лучей видимой части спектра. Эти лучи обладают как субстратным, так и регуляторным действием и должны входить в состав спектра источников, применяемых для облучения растений. Сине-фиолетовые лучи тормозят рост стеблей, корней и листьев, формируют компактные растения и более толстые листья, позволяющие лучше поглощать и использовать ОИ в целом. Они стимулируют образование белков и органосинтез растений, хорошо поглощаются хлорофиллом, что создаёт условия для максимальной интенсивности фотосинтеза.

- "Зеленый" участок ФАР включает ОИ голубого (480...510 нм), зеленого (510...555 нм) и желтого (555...585 нм) цвета. Это излучение не является превалирующим для обеспечения фотосинтеза растений (продуктивность фотосинтеза относительно низкая), но, обладая высокой проникающей способностью, полезно для обеспечения фотосинтеза оптически плотных листьев и густых посевов растений.

"Зелёные" лучи практически проходят через листовые пластинки, не поглощаясь ими. Листья под их действием становятся тонкими, осевые органы растений формируются вытянутыми с меньшим числом клеток и хлоропластов. Регуляторная деятельность "зеленых" лучей близка к регуляторной деятельности красного света.

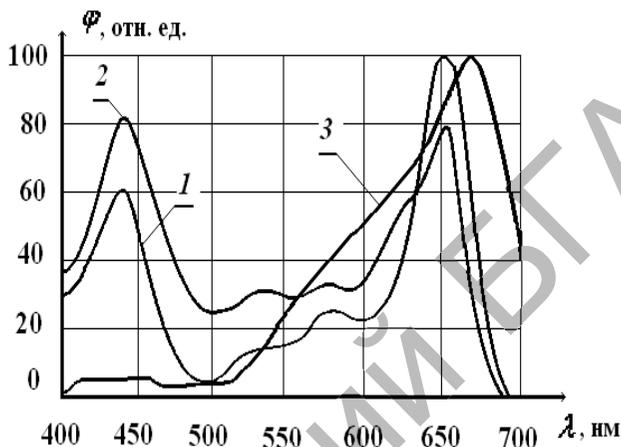


Рис. 1. Относительная спектральная чувствительность реакции растений на ОИ различных длин волн: 1 – фотосинтез; 2 – синтез хлорофилла; 3 – фотоморфогенез.

"Красный" участок ФАР включает излучение оранжевого (585...620 нм) и ближнего красного (620...780 нм) цвета имеет решающее значение для всех физиологических процессов в растениях. Он способствует интенсивному росту листьев и осевых органов и представляют собой основной вид энергии для процесса фотосинтеза. Обладает ярко выраженным субстратным и регуляторным воздействием и обязательно должен входить в состав общего излучения для обеспечения высокого уровня фотосинтеза. Отсутствие или низкая интенсивность излучения в "красном" участке спектра источников определяет формирование неполноценных растений с низкой продуктивностью. В тоже время монохроматический "красный" свет может приводить к аномальному росту и развитию некоторых видов растений, а в ряде случаев и к их гибели.

Важной для растений является область 625...680 нм. Лучи этой области наиболее полно поглощаются хлорофиллом и увеличивают

образование углеводов при фотосинтезе.

Лучи длинноволнового красного цвета (700...750 нм) обладают ярко выраженным регуляторным действием и в небольших количествах (несколько процентов суммарного потока) должны входить в состав общего излучения источников, применяемых для искусственного облучения растений.

ОИ инфракрасной (ИК) области спектра (780 и более нм) различно воздействуют на растения и оказывают в основном только тепловое воздействие. Ближнее ИК излучение (780...1100 нм) действует на растяжение подсемядольного колена, стеблей и побегов. При низких температурах частично поглощается хлорофиллом и не перегревает лист, что является полезным для процесса фотосинтеза. Более длинные лучи приводят к повышению температуры листьев и, по мере возрастания их длины, листья начинают завядать с конечным результатом гибели, а с ними и всего растения. Следует отметить, что степень воздействия ИК лучей на развитие растений определяется видом растений, например, на ближнее излучение слабо реагируют томаты и довольно сильно огурцы.

Анализ действия спектрального состава ОИ на фотосинтез, рост и продуктивность растений позволяет определить требования к спектру излучения источников, применяемых для их искусственного облучения в условиях защищенного грунта. При определении требований к спектру излучения источников введем некоторые ограничения:

1. Оценку произведем по показателю ФАР, который является на сегодняшний день общепринятой мерой оценки пригодности источника света к процессу фотосинтеза.

2. В соответствии с общепринятыми и действующими в отрасли методиками ФАР разделим на три условные спектральные поддиапазона: "синий" (400...500 нм), "зеленый" (500...600 нм) и "красный" (600...700 нм) с детализацией их в пределах 50 нм.

3. Среднее значение интенсивности ОИ в указанных поддиапазонах определим с точностью $\pm 0,5$ % методом численного интегрирования значений относительной спектральной чувствительности реакции растений на ОИ (рис. 1).

Результаты расчетов представлены в таблице 1. Они указывают на то, что при облучении растений наиболее эффективными являются источники ОИ, у которых: 32,0 % излучаемого потока нахо-

дится в диапазоне "синего" цвета (400...500 нм), из них $\approx 22,5$ % в первой половине диапазона (400...450 нм), 16,8 % – в диапазоне "зеленого" цвета (500...600 нм), из них 11,5 % во второй половине диапазона (550...600 нм), и 51,2 % – в диапазоне "красного" цвета (600...700 нм), из них примерно поровну в двух половинах диапазона (600...650 и 650...700 нм). Как отмечалось выше, в спектре излучения источников должно присутствовать 2...4 % УФ излучения (280...380 нм) и до 50 % ИК излучения с длиной волны 700...1100 нм. Последнее должно учитываться в тепловом балансе сооружения защищенного грунта.

Таблица 1

Требования к спектру излучения источников, применяемых для искусственного облучения в условиях защищенного грунта, по условию их пригодности к процессу фотосинтеза (в процентном отношении к общему потоку источника)

Детализированные поддиапазоны фотосинтетически активного излучения, нм					
400...450	450...500	500...550	550...600	600...650	650...700
22,6	9,4	5,3	11,5	25,7	25,5
Поддиапазоны фотосинтетически активного излучения, нм					
"синий" (400...500)		"зеленый" (500...600)		"красный" (600...700)	
32,0		16,8		51,2	

Как видим, расчеты указывают на оптимальное отношение в области ФАР "синего", "зеленого" и "красного" излучения – примерно 32:17:51 %. Это отношение несколько отличаются от известных ранее – (15...20):(35...45):(40...45) % при выращивании огурцов и (10...20):(15...20):(60...75) % при выращивании томатов [3, 4]. Различия, по-видимому, связаны с тем, что спектральная чувствительность процесса фотосинтеза на ОИ различных длин волн не является одинаковой для всех растений и зависит от их вида, сорта и стадии развития. Кроме того на процесс фотосинтеза существенное влияние оказывают и параметры микроклимата, например, температура и влажность окружающей среды, фотопериодизма. Следовательно, несмотря на многочисленность проведенных исследований, остается до конца не выясненным вопрос о влиянии взаимоувязанных факторов микроклимата на эффективность процесса развития растений и требует дальнейших исследований [5].

Литература

1. Анализ влияния спектрального состава излучения и кинетических характеристик фотосинтеза на эффективность производства

продукции в закрытом грунте: отчет о НИР / ГИВЦ РАСХН; рук. Харитонов Ю.Н.-№ г.р.01.960.009950.-инв.№ 02.9.70001896.- Тверь: ГИВЦ, 1996.-47 с.

2. П. П. Говоров, І. А. Велит, В. В. Щиренко, Р. В. Пилипчук. Джерела світла для вирощування овочів в умовах закритого ґрунту. – Тернопіль: Джура, 2011. – 156 с.

3. В.Н. Карпов, С.А. Ракутько. Энергосбережение в оптических электротехнологиях АПК. Прикладная теория и частные методики. – СПб.: СПбГАУ, 2009. – 100 с.

4. Я.Г. Митягина Повышение эффективности использования оптического излучения в светокультуре огурца. автореф диссертации канд. техн. наук. М.: МГАУ, 2008. – 18с.

5. Л.Б. Прикупец. Оптимизация спектра излучения при выращивании овощей в условиях интенсивной светокультуры / Л.Б.Прикупец, А.А.Тихомиров // Светотехника. – 1992. – № 3. – с. 5 – 7.

УДК 621.374

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ КОКОНОВ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА

Черенков А.Д. д.т.н., профессор; Косулина Н.Г. д.т.н., проф.,
Хандола О.Ю.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенка, г. Харьков, Украина

Слабые электромагнитные поля земли, космических объектов являются одним из важнейших видов информации, получаемой биообъектами и системами внешней среды, и в соответствии с получаемой информацией реализуются те или иные процессы жизнедеятельности. При этом в высокоорганизованных биосистемах это воздействие носит информационный характер и отрабатывается кибернетическими системами организма. В биологических системах более низкого иерархического уровня (клетки, молекулы) электромагнитные поля могут изменять ориентационные связи – электростатическое взаимодействие между диполями, ионные связи и ионно-дипольные взаимодействия в той или иной мере влияют на индукционные и дисперсионные связи. Считается установленным,