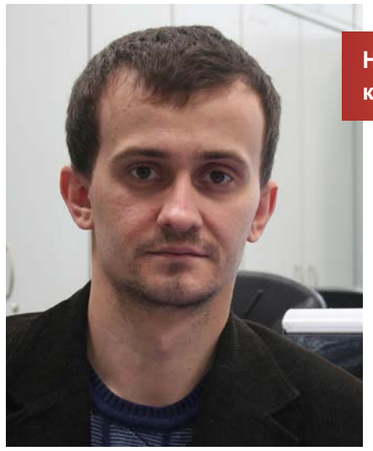
V Международная конференция
АРКТИКА 2020
Арктика: шельфовые проекты
и устойчивое развитие регионов

Установка «Фотон» – это новые возможности в Агрофотонике

Урбанизация, рост населения, нестабильные климатические условия делают актуальными вопросы повышения производительности и эффективности систем искусственного выращивания растений, где важнейшим фактором является качественное и эффективное освещение.



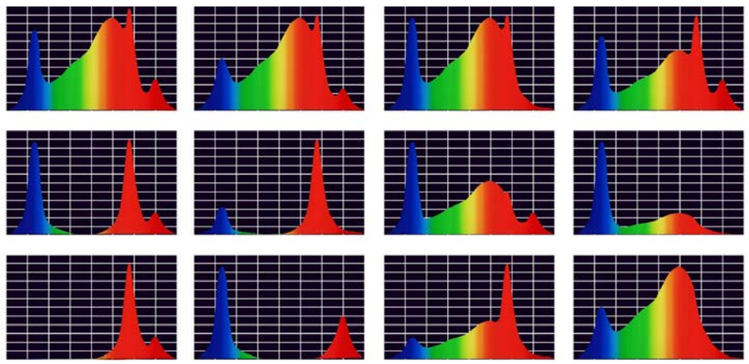
Начальник департамента проектов АНО «Аналитика и Высокие технологии», к.б.н. Алексей Владимирович Волков

Установка «Фотон» была разработана для изучения влияния спектров освещения на все фазы развития растений. В ней предусмотрены специализированные световые модули, в которых собраны светодиоды с различной длиной волны излучения, с возможностью независимого управления группами светодиодов для формирования различных спектров в диапазоне 410–740 нм (Фотон Спектр-4) с регулируемой интенсивностью света от 0 до 1000 ммоль/м²/с при измерении на расстоянии 600 мм от светового модуля при максимальной мощности 0,350 кВт (световое поле модуля 1100x520 мм) или 340–980 нм (Фотон Спектр-18/20) с регулируемой интенсивностью света от 0 до 1500 ммоль/м²/с (при измерении на расстоянии 600 мм от светового модуля) при максимальной мощности до 0,800 кВт.

Возможность формировать спектры с заданными интенсивностями в различных диапазонах с изменением освещения во времени позволяет проводить сложные эксперименты по физиологии и биохимии растений и получать результаты для направленного воздействия на конкретные культуры и фазы развития.

При разработке установки «Фотон» были учтены современные данные по влиянию света на развитие растений. Так, например, излучение на участках спектра:

- 280–320 нм – оказывает вредное воздействие;
- 320–400 нм – в малых количествах участвует в регулировке процессов цветения и созревания плодов и влияет на цвет и биохимический состав (запах и вкус);
- 400–500 нм – необходимо для фотосинтеза и регуляции фотопериодической реакции, поглощается криптохромами и фототропинами;
- 500–600 нм – полезно для фотосинтеза оптически плотных листьев, листьев нижних ярусов, густых посевов растений благодаря высокой проникающей способности;
- 600–700 нм – имеет ярко выраженное действие на фотосинтез, развитие и регуляцию процессов, фотоморфогенез, поглощение фитохрома P660;
- 700–750 нм – имеет ярко выраженное регуляторное действие при содержании в несколько процентов общей интенсивности, поглощение фитохрома P730;
- 1200–1600 нм – поглощается межклеточной водой, увеличивает скорость тепловых биохимических реакций.



Примеры сформированных спектров, используемых в различных сценариях установки «Фотон-4»

При этом необходимо учитывать, что фотосинтез обусловлен не поглощением энергии, а поглощением фотонов. Однако не все поглощенные фотоны дают одинаковый эффект фотосинтеза. Теорию зависимости протекания фотохимической реакции от поглощенных фотонов, а не энергии выдвинул еще Альберт Эйнштейн и лишь спустя 60 лет ее удалось доказать экспериментально.

Значения эффективности основных длин волн с точки зрения коэффициента поглощения и эффекта, который дает поглощенный фотон:

- 730 нм – поглощаемость ~18%; эффективность фотона ~20%;
- 680 нм – поглощаемость ~78%; эффективность фотона ~81%;
- 660 нм – поглощаемость ~84%; эффективность фотона ~83%;
- 640 нм – поглощаемость ~68%; эффективность фотона ~91%;
- 630 нм – поглощаемость ~47%; эффективность фотона ~98%;
- 610 нм – поглощаемость ~39%; эффективность фотона ~98%;
- 525 нм – поглощаемость ~23%; эффективность фотона ~71%;
- 470 нм – поглощаемость ~37%; эффективность фотона ~68%;
- 455 нм – поглощаемость ~97%; эффективность фотона ~74%;
- 445 нм – поглощаемость ~83%; эффективность фотона ~75%;
- 400 нм – поглощаемость ~38%; эффективность фотона ~38%.

Важное значение имеют исследования К.А. Тимирязева по эффективности использования энергии в красном и сине-фиолетовом участках спектра. Тимирязев провел сравнение интенсивности и эффективности поглощения энергии к разным лучам солнечного спектра. Оказалось, что поглощенная энергия в красном участке спектра используется более полно. Из этого наблюдения Тимирязев сделал вывод, что поглощенная энергия лучей разного качества, разной длины волны используется в фотохимических реакциях с разной эффективностью. В процессе естественного отбора растения приспособились к поглощению именно тех лучей, энергия которых используется в процессе фотосинтеза наиболее эффективно.

Мысли К.А. Тимирязева получили блестящее подтверждение после того, как А. Эйнштейн сформулировал теорию фотоэффекта. Из теории фотоэффекта следует, что интенсивность любой фотохимической реакции определяется не количеством поглощенной энергии, а числом поглощенных квантов. Величина квантов в разных диапазонах спектра различна. В красных диапазонах кванты характеризуются меньшей энергией. По мере того как уменьшается длина волны, растет энергия квантов. В связи с этим на одно и тоже количество поглощенной энергии в красном диапазоне по сравнению с сине-фиолетовыми приходится большее число квантов и соответственно большее количество прореагировавших молекул в фотохимических реакциях, в том числе и при фотосинтезе.

Иначе говоря, для фотохимических реакций существует нижний предел энергии, т.е. верхний предел длины волны, после которого они неосуществимы. Так, фотохимические реакции возможны в пределах величины квантов от 147 до 587 кДж/моль. Таким образом, в квантах красного света (176 кДж/моль) заключено достаточное количество энергии для осуществления фотохимической реакции. Вместе с тем при поглощении квантов синего света (261 кДж/моль) реагирующие молекулы будут получать избыток энергии, который выделяется и виде тепла или света.

Возможность программного изменения интенсивности излучения в различных частях спектра позволяет установить основные зависимости влияния освещения на развитие растения и обеспечить увеличение эффективности использования искусственного освещения с максимальным раскрытием потенциала культуры, с учетом минимизации энергетических затрат.

Модификации установки:

- для проведения исследований по спектральной фоточувствительности микроводорослей;
- для проведения исследований по влиянию спектральных характеристик света на поглощение элементов питания растениями;
- для проведения исследований по влиянию спектральных характеристик при контролируемых параметрах микроклимата.