

УДК 621.311

СПЕКТР ИЗЛУЧЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ И ЕГО СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ ИСКУССТВЕННОГО ОБЛУЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Степанцов В.П., к.т.н., доцент,

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

Обеспечение весьма высоких уровней облученности (до 35 клк или 150 Вт/м² ФАР) [1], необходимых при искусственном облучении растений, выращиваемых в условиях защищенного грунта, требует создания специальных энергоемких (до 150...200 кВт/ч на 1 кг продукции) облучательных установок (ОУ) и одновременного решения задач энергосбережения, обоснования и разработки светотехнических и электротехнических средств интенсификации процесса, способствующих снижению энергетических затрат и удельной мощности до минимально возможных уровней (50...150 Вт/м²) [2].

Существующие ОУ и светотехническое оборудование, их обеспечивающие, не дают научно обоснованного ответа по эффективности использования энергии оптического излучения (ОИ), что является одной из причин высокой энергоемкости процесса. Анализ параметров существующих ОУ и светотехнического оборудования, в первую очередь источников ОИ, указывает на настоятельную необходимость обеспечения тепличных предприятий новыми энергоэффективными источниками.

Среди общедоступных источников, применяемых для искусственного облучения растений, наибольшей эффективностью преобразования электрической энергии в энергию ОИ считаются натриевые и металлогалогенные лампы высокого давления, отличающиеся: высокими значениями световой отдачи (до 160 и 140 лм/Вт, соответственно), КПД в области ФАР (25...36 и 24...30 %), сроков службы (до 20 и 10 тыс. часов); широким диапазоном мощностей (70...1000 и 125...3500 Вт); наиболее благоприятным спектром излучения. Достаточно высокие световые и эксплуатационные характеристики отмеченных источников ОИ обеспечивают им на нынешнем этапе повсеместного энергосбережения расширяющиеся масштабы использования в ОУ защищенного грунта, несмотря на то, что для растениеводства они первоначально не предназначались.

Тем не менее следует отметить, что характеристики этих классов источников ОИ постоянно совершенствуются. Например, натриевые лампы высокого давления изготавливают с зеркальным покрытием на внутренней поверхности колбы (ДНаЗ/Reflux), что повысило эффективность оптической системы (>95%) и стабильность свойств зеркального отражающего покрытия, практически не изменяющаяся с наработкой ламп (исключена необходимость в периодической замене и чистки внешнего отражателя), обеспечило более равномерное светораспределение, обеспечивающее эффективное объемное облучение растений. Спектр излучения этих источников изменен за счет увеличения паров натрия в колбе, что увеличило интенсивность излучения в синем (голубом) и красном диапазоне, а, следовательно, и интенсивность фотосинтеза.

Для приведения в соответствие со спектральной характеристикой фотосинтеза совершенствуется и спектр излучения металлогалогенных ламп высокого давления путем изменения в газоразрядной трубке соотношения добавляемых к ртути иодидов металлов (натрия, скандия, таллия, индия), излучающих в процессе электрического разряда ОИ всех частей спектра ФАР – желто-оранжевой (натрий); синей и красной (скандий); синей, зеленой и желтой (ртуть); и др.

Продуктивность растений определяется их реакцией на ОИ излучение различных длин волн. Логично предположить, что эффективность их развития будет максимальной, если спектральная интенсивность потока излучения источника, используемого в ОУ, будет приближена к спектральной чувствительности процесса фотосинтеза. В этом случае повышается эффективность использования энергии ОИ и снижается энергоемкость технологического процесса выращивания растений. Следовательно, выбор источников для ОУ только по их энергетическим показателям, светотехническим и эксплуатационным характеристикам, без учета распределения их потока излучения по спектру, не позволит решить задачу энергосбережения. Необходимы детальные исследования спектральных характеристик выпускаемых промышленностью источников и определение путей их совершенствования с точки зрения повышения эффективности использования для технологических процессов сельскохозяйственного производства, в частности при искусственном облучении растений.

Нами проведен анализ соответствия спектра излучения источников спектральной чувствительности процесса фотосинтеза. На первом этапе

при анализе определялось среднеарифметическое значение спектрального распределения плотности ОИ источников в трех общепринятых [3, 4] и значимых для растений диапазонах ФАР – "синем" (400...500 нм), "зеленом" (500...600 нм) и "красном" (600...700 нм). Обобщенные результаты анализа представлены на рис. 1.

Анализ показывает, что отношение спектра излучения, исследуемых и преимущественно применяемых в ОУ защищенного грунта ламп, в указанных диапазонах ФАР лежит в пределах (8...32):(47...66):(17...26) %, а именно для ламп (ДНаЗ/Reflux) – 8:66:26 % и для ламп ДРИ с иодидами Na, Sc – 32:47:17 %. Как видим, эти отношения несколько отличаются от полученных ранее расчетных значений 32:17:51 % [5]. В спектре излучения ламп типа ДРИ ощущается переизбыток излучения в "зеленом" диапазоне спектра и недостаток в особенно значимом для процесса фотосинтеза – "красном". Подобная картина и с лампами типа ДНаЗ/Reflux, у которых две трети мощности ОИ приходится на являющийся преобладающим для обеспечения фотосинтеза растений "зеленый" диапазон при явном недостатке в "синем" и "красном" диапазонах.

Как следствие, можно сделать вывод о том, что существующие на сегодняшний день натриевые и металлогалогенные газоразрядные лампы высокого давления, отличающиеся от других относительно высокими значениями световой отдачи и КПД в области ФАР, не в полной мере удовлетворяют требованию процесса фотосинтеза растений из-за существенных отличий их спектральных интенсивностей потоков излучений и спектральной чувствительности листа растений. Для повышения эффективности использования энергии ОИ растениями необходимо дальнейшее совершенствование источников ОИ в направлении корректировки спектра их излучения.

Из других, выпускаемых промышленностью источников ОИ, для целей облучения растений практический интерес представляют светодиодные облучатели. Светодиоды отличаются довольно высокой световой отдачей (до 100...110 лм/Вт); большим сроком службы (до 50...100 тыс. час); сравнительно низкой температурой нагрева (что позволяет их приблизить к поверхности без какого-либо перегрева растений); разнообразным спектром излучения (от длинноволнового ультрафиолетового, всех цветов видимого излучения и до коротковолнового инфракрасного), в зависимости от полупроводникового материала, из которого они изготавливаются. И самое главное, модульная конструкция облучателей, когда в од-

ном облучателе устанавливаются десятки или сотни светодиодов (в зависимости от мощности облучателя), позволяет варьированием их типа и количества подбирать практически любой необходимый спектр излучения в диапазоне от 300 до 1200 нм.

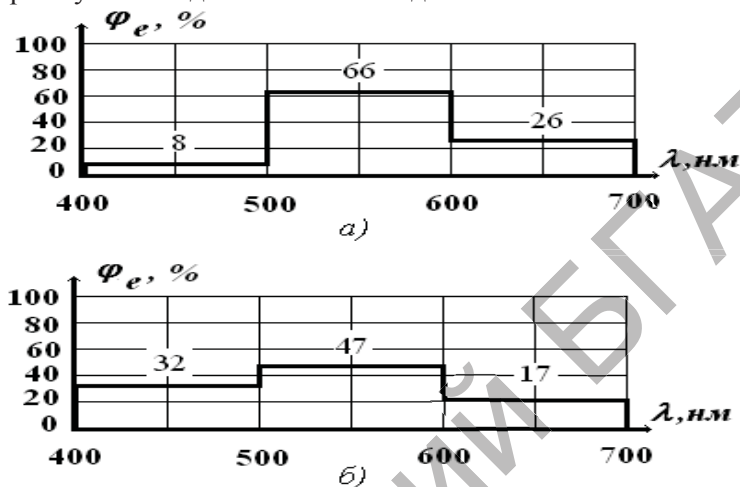


Рис. 1. Условное представление усредненного спектрального распределения плотности ОИ: а) натриевых (ДНаЗ/Reflux) и б) металлогалогенных (ДРИ с иодидами Na, Sc) газоразрядных ламп высокого давления

Литература

1. СП 13330.2011 Теплицы и тепличные комбинаты: актуализированная редакция СНиП 2.10.04-85, Москва, 2011. – 135 с.
2. Энергоэффективность аграрного производства, под редакцией В.Г. Гусакова, Л.С. Герасимовича, Минск, Беларуская наука, 2011, 776 с.
3. В.Н. Карпов, С.А. Ракутько. Энергосбережение в оптических электро-технологиях АПК. Прикладная теория и частные методики. – СПб.: СПбГАУ, 2009. – 100 с.
4. Кунгс Я.А., Цугленок Н.В. Энергосбережение и энергоаудит в осветительных и облучательных установках: учебное пособие. Красноярск, 2003
5. В.П. Степанцов. Требования к спектральному составу источников оптического излучения, применяемых для искусственного облучения растений в условиях защищенного грунта (см. настоящий сборник).