

*Andrey A. Taran,
ScD, associate professor;*

*Elena N. Taran,
ScD, associate professor,
Azov-Black Sea Engineering Institute
branch Don State Agrarian University;*

*Andrey V. Braginets,
Junior research scholar of energy,
North Caucasus Research Institute of
mechanization and electrification of agriculture;*

*Alexey V. Lohmanov,
post-graduate student,
Azov-Black Sea Engineering Institute
branch Don State Agrarian University*

Use the Different Sources of the Light in Buildings of the Protected Soil with Renewable Power Sources

Key words: *Photoculture, light emitting diode, spectral efficiency, phytolamp, solar power stations, solar photovoltaic plant, solar energy, concentrator.*

Annotation: *To provide normal flowing of any phytobiological process (photosynthesis in particular) plants need the light of particular spectral composition and power spectrum on different stages of growth. The important task is to choose optimized light oscillator for plant cultivation in constructions of “protected ground”.*

Агропромышленный комплекс в нашей стране активно развивается, в особенности бурное развитие происходит в овощеводстве, каждый год вводятся новые объекты, а, следовательно, растет энергопотребление. Государственная поддержка начинающих фермеров привело к увеличению сельскохозяйственных объектов, с малым энергопотреблением. К таким объектам можно отнести малогабаритные сооружения защищенного грунта.

Большая часть данных объектов удалена от сетей централизованного электроснабжения. Прокладка к ним новых линий электропередач экономически нецелесообразна, что позволяет использовать возобновляемые источники энергии, в частности солнечные электростанции. Использование солнечных электростанций позволит снизить капиталовложения, и как следствие, стоимость выпускаемой продукции. В условиях рыночной экономики рентабельность производства играет ведущую роль. Солнечные фотоэнергетические установки позволяют вырабатывать не только электрическую, но и тепловую энергию одновременно.

Основная доля энергопотребления в сооружениях защищенного грунта приходится на досвечивание растений, один из путей снижения энергопотребления использовать источники света меньшей мощности (светодиоды), но для нормального прохождения любых фитобиологических процессов, фотосинтеза в частности, растениям нужен свет определенного спектрального состава и мощности. Светокультура растений находит все большее распространение в производстве сельскохозяйственных культур для досвечивания рассады овощных культур и при выращивании растений при полном искусственном освещении в сооружениях защищенного грунта.

В период вегетации растения в естественных условиях практически не испытывают недостатка солнечной радиации. Фотосинтетическая активная радиация (ФАР) наиболее важна при выращивании растений в условиях защищенного грунта, где, из-за низкой облученности и короткой длины светового дня в осенне-зимний период, восполнения недостатка в солнечной радиации возможно только с применением искусственного освещения.

В настоящее время в сооружениях защищенного грунта используют для освещения натриевые лампы высокого и низкого давления, металлогалогенные лампы ДРИ, набирает популярность использование светодиодного освещения на основе светодиодных матриц. В спектрах излучения данных ламп представлены в различной степени все диапазоны ФАР, данные лампы можно рассматривать как удовлетворительные растениеводческие источники света. При установлении уровня облученности растений свыше 80 Вт/м^2 ФАР необходима принудительная вентиляция для предотвращения перегрева растений, применение которой делают неэффективным использование ламп. В спектре излучения ламп типа ДРИ высока доля инфракрасного излучения (ИК), полностью поглощаемого листьями растений и вызывающего их значительный перегрев (7).

Потребность в высокоэффективном источнике излучения для сооружений защищенного грунта все возрастает. Растениеводческая лампа должна иметь высокий КПД и оптимальный спектральный состав света для растений.

По нормам технологического проектирования теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады в рассадных отделениях овощных теплиц минимальная суммарная облученность должна быть не менее 25 Вт/м^2 ФАР, а суточное количество не менее $250 \text{ Вт}\cdot\text{ч/м}^2$. В овощных теплицах облученность должна быть не менее $70,0 \text{ Вт/м}^2$, суточное количество ФАР для овощных культур в период плодоношения составляет не менее $900 \text{ Вт}\cdot\text{ч/м}^2$. При выращивании растений в условиях искусственного облучения для семян и рассады рекомендуется принимать облученность равную 80 Вт/м^2 , для овощных культур $80\text{-}160 \text{ Вт/м}^2$ ФАР (2).

В процессе эволюции растения адаптировали все процессы (фотосинтез и др.) к спектральному составу солнечного излучения. При этом спектральные диапазоны света имеют следующие физиологические значения для растений (3):

- 280-320 нм – оказывают вредное воздействие;
- 320-400 нм – регуляторная роль, необходимо несколько процентов;
- 400-500 нм – необходим для фотосинтеза и регуляции;

- 500-600 нм – полезен для фотосинтеза оптически плотных листьев, листьев нижних ярусов, густых посевов растений благодаря высокой проникающей способности;
- 600-700 нм – ярко выраженное действие на фотосинтез, развитие и регуляцию процессов;
- 700-750 нм – ярко выраженное регуляторное действие, достаточно несколько процентов в общем спектре;
- 1200-1600 нм – поглощается внутри- и межклеточной водой, увеличивает скорость тепловых биохимических реакций (8).

Источники искусственного освещения, в силу специфики и ширины спектрального состава излучаемого света, не могут создать необходимый спектральный диапазон для практической светокультуры. На практике световая среда произрастания растений формируется выбором моделей и типом светотехнического оборудования с точки зрения их интенсивности излучения в ближней инфракрасной, оранжево-красной и сине-фиолетовой областях.

Взятая в отдельности каждая из трех основных областей ФАР, при сравнительно невысоких уровнях светового потока, не обеспечивают высокую продуктивность растений в светокультуре. Однако, Протасовой Н.Н. доказано (1) положительное влияние на продукционную деятельность растений достаточно высоких уровней облученности в любой области видимого излучения, т.е. высокий уровень облученности даже в области расположения минимума поглощения хлорофилла (500-600 нм), обеспечивает эффективную продукционную деятельность растений. Как следствие, можно сделать вывод о некорректности сравнения ламп с различным спектром излучения при низком уровне облученности на весь диапазон возможных интенсивностей света.

Наиболее распространенными серийными источниками света, используемыми в овощеводческих хозяйствах и исследовательских целях, являются: люминесцентные лампы, дуговые ртутно-люминесцентные лампы ДРЛФ-400, металлогалогенные лампы типа ДРИ различной мощности, натриевые лампы высокого давления – Днат, ДнатЗ различной мощности (7). В таблице 1 представлены технические характеристики различных источников света, применяемых в сооружениях защищенного грунта.

Таблица 1- Сравнительный анализ основных типов фитоламп.

Лампа Параметр	Люмине- сцентная	Ртутная	Металл- галогенная	Натриевая	Свето- диодная	Индук- ционная
КПД ФАР, %	20-22	10-12	18-28	26-30	> 85	>75
КПД, %	50-70	80	65-80	80	95	90
Срок службы, т.ч.	10-15	10-15	6-10	15-25	70-90	100
Светоотдача, Лм/Вт	45-70	45-60	65-90	90-110	100-130	80-110
Коэф.пульсаций, %	20-70	65-75	28-32	70	< 1	<1
Уменьшение светового потока к концу срока службы, %	30-50	40-60	15-20	40-60	20-30	10-15

Исходя из эффективности ФАР, наиболее эффективными источниками света являются светодиодные и индукционные лампы (таблица 1). При соизмеримых прочих характеристиках (срок службы, светоотдача, КПД и т.п.) стоимость индукционной лампы в 5 раз выше, чем стоимость светодиодной лампы. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод: использование светодиодных источников света экономически целесообразно в сооружениях защищенного грунта.

Проведенные исследования сотрудниками МГУ им. М.В. Ломоносова подтвердили возможность применения светодиодных светильников для освещения растений. Современные светодиоды перекрывают весь видимый диапазон оптического спектра - от красного до фиолетового цвета. Таким образом, путем составления комбинации из светодиодов разных цветовых групп можно получить источник света с практически любым спектральным составом в видимом диапазоне (4).

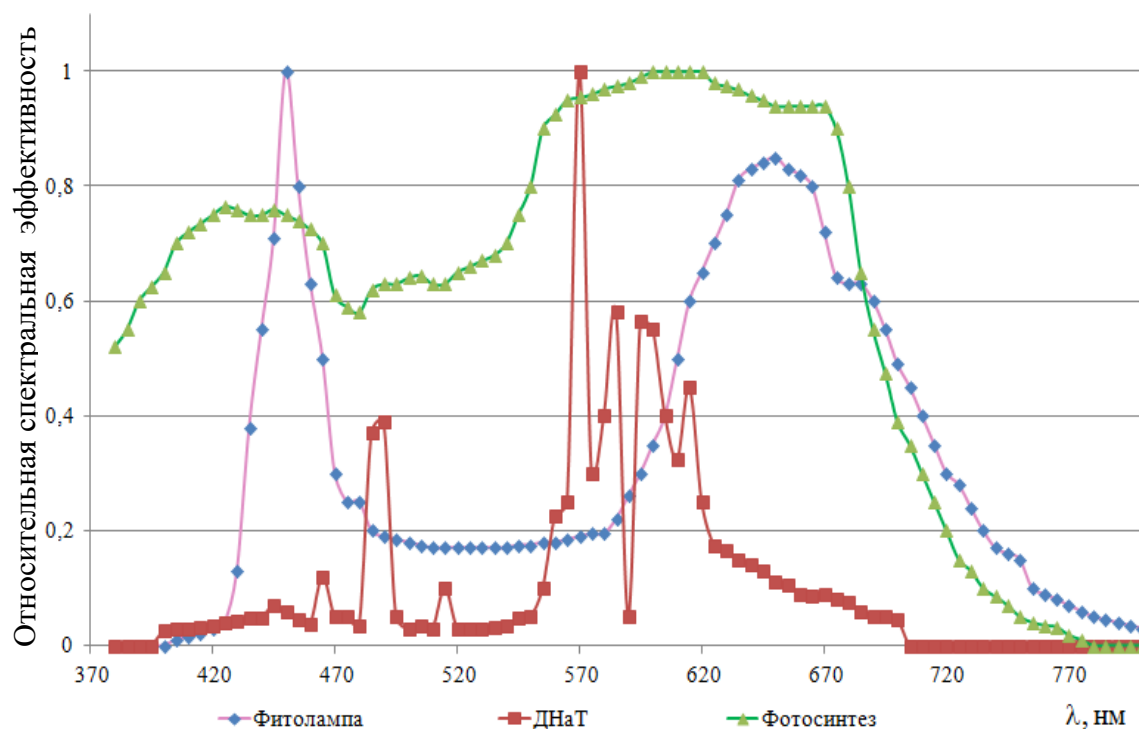


Рис. 1. – Спектральная эффективность

Как видно из графика, спектральная эффективность светодиодной фитолампы, в два раза превышает эффективность ДНаТ, и перекрывает больший диапазон. Пик светодиода приходится на диапазоне волн 400-500 нм – необходимого для фотосинтеза и регуляции и на диапазон 600-700 нм – где происходит ярко выраженное действие на фотосинтез, развитие и регуляцию процессов.

Следует отметить и другие преимущества светодиодов, например, малую потребляемую электрическую мощность и как следствие низкое потребление электроэнергии устройствами на основе светодиодов. Кроме того, стоит учитывать, что излучение светодиодов направленное, а это позволяет эффективнее использовать источники света на их основе. Также надо принимать во внимание, что срок службы светодиодов превышает срок службы металгалогенных ламп типа ДРИ, натриевых ламп высокого давления – ДнаТ, ДнаЗ в 5-6 раз, что делает применение светодиодов весьма эффективным в экономическом плане.

Таблица 2 - Техничко-экономические характеристики различных типов ламп

Характеристики	Натриевая лампа	Светодиодная лампа	Металлогалогенная лампа	Люминесцентная лампа
Светоотдача, Лм/Вт	90-110	100-130	65-90	45-70
Световая отдача, лм	6500			
Потребляемая мощность источника света, Вт	59	50	72	93
Время работы в сутки, ч	13	13	13	13
Потребляемая электроэнергия в сутки, кВт·ч	0,77	0,65	0,94	1,21
Стоимость кВт·ч, руб.	7,50			
Удельная стоимость кВт·ч за год, руб.	2107,9	1779,4	2573,3	3312,4
Удельная стоимость 1 Лм, руб./Лм	0,33	0,27	0,39	0,51

Управление современными тепличными комплексами осуществляется при помощи автоматизированных систем, в которые достаточно органично можно добавить и управление освещением, причем как по интенсивности, так и по спектральному составу излучения, и производить такие управляющие операции по программам, учитывающим фазу развития растений (5).

Продуктивность системы электрического досвечивания определяется спектральным составом источника света, уровнем освещенности, и коэффициентом полезного действия, влияющим на эксплуатационные расходы.

Путем составления комбинации из светодиодов разных цветовых групп можно получить источник света с практически любым спектральным составом в области видимого излучения и эффективно управлять морфогенезом растений и качеством получаемой продукции.

Стоимость светодиодных светильников со световым потоком, эквивалентным световому потоку одного современного светильника с НЛВД 600Вт, превышает стоимость последнего не менее чем в 7 раз. В настоящее время разрабатываются методы комбинаторной светокультуры, заключающиеся в совместном использовании ламп серии ДНаТ и светодиодов (3).

В спектре натриевой лампы средний уровень интенсивности в синей области более чем в три раза ниже, чем уровень интенсивности в красной области. Включение в систему облучения светодиодов, излучающих свет в диапазоне от 450 - 475 нм, значительно улучшает качество светового потока, приближая его к оптимальному соотношению

энергий по спектру: 30% – в синей области, 20% – в зеленой и 50% – в красной. Показано, что в комбинаторной светокультуре интенсивность фотосинтеза у растений может быть выше на 20%, по сравнению с использованием только ламп высокого давления (3).

Использование комбинации из светодиодов разных цветовых групп, позволяет при облучении растений создать источник света, в котором будет оптимальное соответствие относительной спектральной эффективности фотосинтеза растений. Учеными ВИЭСХ разработана эффективная фитолампа с оптимальным спектром излучения: R-40%; G-40%; B-20%. Такой источник света позволяет увеличить продуктивность растений на 12-15% в сравнении с другими светодиодными фитолампами (6).

К тому же потребляемая светодиодами лампами электроэнергия по сравнению с другими источниками света в разы меньше, что делает возможным автономное энергоснабжение теплицы за счет возобновляемых источников энергии.

На сегодняшний день политика импортозамещения предполагает ввод в производство значительного количества сооружений защищенного грунта, при этом существующие возможности энергосистем не позволяют осуществить присоединение такого количества производственных мощностей. Также одной из главных проблем энергоснабжения является удаленность энергосистем от предполагаемых мест производства.

Использование в качестве автономного (возобновляемого) источника энергии, солнечной фотоэнергетической установки имеет ряд преимуществ: во-первых, это экологически чистый источник энергии, возможность быстрого наращивания мощности, за счет присоединения дополнительных модулей, отсутствие затрат на доставку топлива, отсутствует необходимость подведения коммуникаций. Повышение эффективности солнечной фотоэнергетической установки делает данный источник энергии экономически эффективным и целесообразным в использовании. Позволит обеспечить тепличный комплекс не только электрической, но и тепловой энергией, которая может использоваться для нагрева воды и на другие технологические нужды.

References:

1. Protasov NN. *Spectral characteristics of light sources and features of the growth of plants under artificial lighting*: NN. Protasov, JM. Wells, MV. Dobrovolsky, LN. Tsoglin: *Plant Physiology*, 1990, V. 37, Vol. 2; 386-396.
2. NTP 10-95 "Standards of technological design of greenhouses and greenhouse combines for growing vegetables and sprouts."
3. Gladin DV. *The use of LED technology in agriculture: Solid-state lighting*, 2012, № 2; 60-65.
4. Baharev I. *Application of LED lamps for lighting greenhouses: reality and prospects*: I. Bahareev, A. Prokofiev, A. Turkin, A. Yakovlev; *Engineering, Agriculture*, 2010, № 2; 76-82.
5. Guzhov S. *Concept application luminaires with LEDs co-jointly with traditional light sources*: S. Guzhov, A. Polishchuk, A. Turkin: *Modern automation technology*, 2008, №1; 14-18.
6. Sokolov AV. *Tests broadband LED lamps in the phyto-chamber*: AV. Sokolov, LY. Yuferev: *Innovations in agriculture*, 2013, № 3 (5); 29-31.
7. Udalova OR. *Process plant cultivation bases of tomato under controlled agro-ecosystem: diss. ... Cand. Tech. Sciences*, 06.01.03. Saint – Petersburg, GNU ANII, 2014; 128.

8. Valeev RA. *Improving the efficiency of irradiation plants using LEDs: diss. ... Cand. Tech. Sciences, 05.20.02. Izhevsk, FGBNU VPO IGSA, 2014; 150.*