

Чтобы выполнить большой и важный труд необходимы две вещи: ясный план и ограниченное время. (Элберт Хаббард).

Постоянное повышение цен на энергоносители и другие средства производства, несоответствие темпов роста затрат и цен на продукцию не позволяют тепличным хозяйствам своевременно проводить реконструкцию и внедрять в производство новые технологии выращивания овощей. К тому же увеличение ключевой ставки в начале 2015 года привело к удорожанию кредитов, а это в свою очередь способствовало приостановке инвестиционных программ агрохолдингов по строительству новых тепличных комплексов, так же начали повышаться цены на удобрения, сельхозтехнику и т.д. Но, несмотря на все выше перечисленное, конкурентно способным является производство овощей в тех хозяйствах, где внедрены современные технологии выращивания. На сегодняшний день только на 600 га теплиц осуществлен переход на энергосберегающие технологии. Современные теплицы построены в Московской, Ленинградской, Волгоградской областях, в республике Татарстан, Башкортостан, Коми, крупнейшими из них являются «Южный»-144 га теплиц, «Московский»-114 га, «Майский»-54 га, ГУСП совхоз «Алексеевский»-33,6 га.

В структуре затрат на производство овощей в защищенном грунте, как самой энергоёмкой отрасли овощеводства, наибольший удельный вес занимают расходы на обогрев и освещение теплиц, доля которых в общей структуре эксплуатационных расходов достигает 60%, поэтому сокращение расходов на электроэнергию и отопление на 30-50% позволяет снизить себестоимость овощей на 20-25%.

В настоящее время наиболее реальной перспективой повышения эффективности излучения ламп, используемых в светокультуре, является оптимизация спектрального состава их ФАР. Это связано, с одной стороны, с достаточно высоким уровнем светотехнических разработок, позволяющих варьировать спектр излучения ФАР, различных по мощности источников света в весьма широких пределах, а с другой, с накоплением фактического материала по физиологическому воздействию излучения различных участков ФАР на разнообразные стороны жизнедеятельности растений, включая продукционный процесс, исследованный на ценотическом уровне. Именно исследования на ценотическом уровне являются необходимым заключительным звеном, позволяющим перейти к формулировке физиологически обоснованных требований по спектральному составу ФАР растениеводческих ламп. При оценке степени пригодности источника света для выращивания растений важным является определение соотношения физиологически значимых областей ФАР в видимом излучении.

В качестве практической реализации данного подхода рассмотрим возможности оценки эффективного потока ламп. Для этого используем способ, в основе которого лежит спектральный метод, достаточно широко применяемый в светотехнике для оценки цветопередачи источников света. Используя такой метод для оценки эффективного потока растениеводческих ламп, необходимо, разумеется, учитывать те особенности растений, которые у них проявляются при адаптации к длительному действию спектра и интенсивности ФАР. С учетом этого доля f_i -эффективного потока для каждой спектральной зоны излучения ФАР растениеводческих ламп может быть представлена следующим образом:

$$f_i = \frac{\int_{\lambda_i'}^{\lambda_i''} \Phi(\lambda) B(E\lambda; \sum \lambda_i) d\lambda}{\int_{\lambda=400 \text{ нм}}^{\lambda=700 \text{ нм}} \Phi(\lambda) B(E\lambda; \sum \lambda_i) d\lambda} \quad (1)$$

где $\Phi(\lambda)$ – относительная спектральная плотность энергетической величины излучения растениеводческой лампы; $B(E\lambda; \sum \lambda_i)$ – относительная функция спектральной чувствительности того биологического процесса, который является целью выращивания растений (общий урожай, хозяйственно полезный урожай, фотосинтез и т.д); λ_i' и λ_i'' – длины волн, соответствующие границам i -й спектральной зоны. Поскольку в числителе фактически стоит значение эффективного потока Φ_i в спектральном диапазоне ограниченном длинами волн λ_i' и λ_i'' , в знаменателе эффективного потока Φ для всего спектрального диапазона ФАР, а Φ_i и Φ связаны соотношением

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \Phi_i \quad (2)$$

то f_i можно определить так: $f_i = \Phi_i / \Phi$ (3).

Таким образом, предлагаемый метод оценки спектральных характеристик растениеводческих ламп включает в себя эффективность потока этих ламп в соответствии с требованиями, предъявляемыми к спектру излучения того или иного типа растениеводческой лампы. В качестве примеров рассмотрим, как можно использовать такой метод для оценки спектральных характеристик источников света, предназначенных для выращивания огурца и томата. В первую очередь необходимо определить относительное распределение эффективного потока по спектральным зонам ФАР. Для растениеводческих ламп здесь нужно основываться на наличии, как минимум трех значимых участков спектра: «синем» (400-500 нм), «зеленом» (500-600 нм) и «красном» (600-700 нм).

Разумеется, что при этом физиологически значимые области спектра могут быть разбиты на более узкие спектральные зоны. Однако такое сужение спектральных диапазонов приводит к ряду трудностей биологического и технического характера, связанных с оценкой в реальных условиях эффективности излучения этих участков в формировании урожая растений. Поэтому представляется целесообразным ограничиться разбиением спектрального диапазона ФАР на три вышеуказанных участка. Таким же образом можно конкретизировать формулу (1), для записи эффективности потоков Φ_i в каждой спектральной зоне. Эталонные значения f_i согласно физиологическим исследованиям, составляют для огурца $f_1=20\%$, $f_2=40\%$, $f_3=40\%$, а для томата $f_1=20\%$, $f_2=15\%$, $f_3=65\%$. Особое значение при выращивании огурца и томата на урожай следует придавать величинам f_3 . Колебания f_3 , как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения более существенно, чем f_1 и f_2 влияют на продуктивность растений. (Тихомиров А.А. «Светокультура растений» стр. 41).

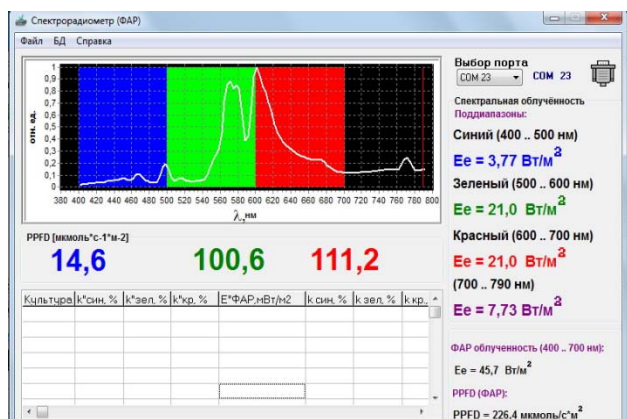
Для того чтобы настоящая статья приобрела практическое значение, ниже в таблице 1 представлены расчеты фотобиологической эффективности некоторых серийных отечественных и зарубежных ламп.

Таблица 1.

№ п/п	Тип источника света	Доля излучения в отдельных областях спектра, %			Культура огурца				Культура томата			
		С	З	К	$Q^0\lambda\lambda_1$	$Q^0\lambda\lambda_2$	$Q^0\lambda\lambda_3$	Ξ^0	$Q^T\lambda\lambda_1$	$Q^T\lambda\lambda_2$	$Q^T\lambda\lambda_3$	Ξ^T
1	Эталонный спектр для культуры огурца	20	40	40	1,0	1,0	1,0	0	1,33	2,0	0,62	0,57
2	Эталонный спектр для культуры томата	15	20	65	0,75	0,5	1,63	0,46	1,0	1,0	1,0	0
3	ДРИО 2000 (специально для огурца)	16	47	37	0,80	1,18	0,93	0,15	1,07	2,35	0,57	0,62
4	ДМО-4-3000 (специально для огурца)	16	43	41	0,80	1,08	1,03	0,1	1,07	2,15	0,63	0,53
5	ДМТ-4-3000 (специально для томата)	22	23	55	1,10	0,58	1,38	0,30	1,47	1,15	0,85	0,26
6	ДМ4-3000	23	53	24	1,15	1,33	0,60	0,29	1,53	2,65	0,37	0,94
7	ДРИ-2000-6	21	66	14	1,05	1,65	0,35	0,45	1,40	3,3	0,22	1,16
8	ДНАТ-400	6	44	50	0,30	1,10	1,25	0,35	0,40	2,20	0,77	0,68
9	ДРИ-400	25	59	16	1,25	1,48	0,40	0,44	1,67	2,95	0,25	1,25
10	ДРЛФ-400	30	58	12	1,50	1,45	0,30	0,55	2,0	2,90	0,18	1,24
11	НРУ-380	24	62	14	1,2	1,55	0,35	0,47	1,60	3,10	0,22	1,16
12	NaV-T-400	5	50	45	0,25	1,25	1,13	0,38	0,33	2,50	0,69	0,83
13	SON-T-400	8	56	36	0,4	1,40	0,90	0,37	0,53	2,80	0,55	0,91
14	SON-380	7	57	36	0,35	1,43	0,90	0,39	0,47	2,85	0,55	0,94
15	SON-H	5	45	50	0,25	1,13	1,25	0,38	0,33	2,25	0,77	0,72
16	НОС-1	6	50	44	0,30	1,25	1,10	0,35	0,40	2,50	0,68	0,81
17	НОС-2	6	52	42	0,30	1,30	1,05	0,35	0,40	2,60	0,65	0,85
18	ДНАТ-250	6	44	49	0,3	1,1	1,1	0,16	0,4	2,2	0,75	0,11
19	UnionPowerStar-160W	20	7	73	1,0	0,18	1,83	0,01	1,3	0,35	1,12	0,07

$Q\lambda\lambda_i$ - эффективное излучение в области $\lambda\lambda_i$ для исследуемого источника света, применяемого к данной культуре, где $Q^0\lambda\lambda_1 = f\lambda\lambda_1 / 0,2$; $Q^0\lambda\lambda_2 = f\lambda\lambda_2 / 0,4$; $Q^0\lambda\lambda_3 = f\lambda\lambda_3 / 0,4$ - значения для огурца и соответственно $Q^T\lambda\lambda_1 = f\lambda\lambda_1 / 0,15$; $Q^T\lambda\lambda_2 = f\lambda\lambda_2 / 0,20$; $Q^T\lambda\lambda_3 = f\lambda\lambda_3 / 0,65$ - для томата. Физический смысл Ξ^0 и Ξ^T заключается в следующем, чем больше отклонения от 0, тем менее эффективна лампа для данной культуры (Тихомиров А.А. «Светокультура растений» стр. 191). Как мы видим из таблицы, ни одна из ламп не удовлетворяет эталонным требованиям к спектру ламп ФАР для светокультуры огурца и томата. Для того чтобы добиться эталонных значений и повысить продуктивность, используют боковое досвечивание. Традиционно для бокового досвечивания применяют лампу ДНАТ-250, но, благодаря развитию светодиодной светотехники, и, основываясь на фундаментальных трудах ученых, были разработаны отечественные аграрные лампы нового поколения, позволяющие существенно сэкономить на электроэнергии, и обладающие необходимым спектром излучения. Хотя высокая стоимость мощных светодиодов достаточно велика, чтобы конкурировать с основным освещением, имеются лишь опытные образцы, на рынке стали появляться светодиодные светильники для боковой досветки, которые способны заменить стандартные лампы ДНАТ-250, применяемые для боковой досветки (см. рисунок 1).

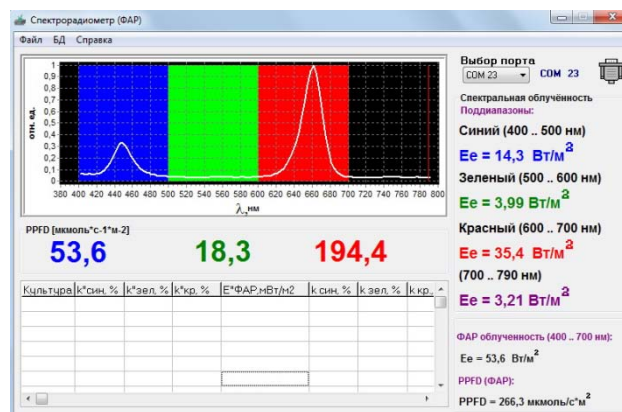
Рисунок 1.



На данном рисунке представлена диаграмма спектров лампы ДНАТ-250. Из данной диаграммы видно, что большая часть энергии лампы уходит на зеленый и красный спектр в

диапазоне длины спектра от 600нм до 620нм, усвоение растением такого «красного» спектра идет медленнее в 2 раза, чем в спектре в диапазоне длинны от 640нм до 670нм. На рисунке 2 представлена диаграмма спектров светодиодной лампы «UnionPowerStar-160W».

Рисунок 2.



Боковое досвечивание светодиодными лампами предоставляет возможность значительно повысить эффективность современных тепличных комплексов. Увеличение урожайности на 30-40% с октября по апрель месяцы позволит стабилизировать объемы поставок и сохранить уровень производительности, аналогично производительности в летние месяцы. Используя оборудование отечественного производителя и умеренные цены на новую технологию, окупаемость модернизации тепличных комплексов составит два года, при этом качество и долговечность светодиодов в разы превышает все аналоги натриевых ламп. При использовании технологии светодиодного бокового досвечивания освещенность внутри куста в зоне ценоза составляет 200-300мкмоль или 15.000 люкс. Правильный баланс светового потока в красной и синей областях спектра, оптимальная сила ФАР, сокращение потребления электроэнергии в 4 раза, по сравнению с аналогами бокового досвечивания - все это является основой стабильного урожая и экономической конкурентоспособности российских тепличных хозяйств.

Авторы: к.э.н. Управляющий Группы компаний «UNION» В.Миллер, технический директор ООО «ЮНИОН ГРУПП» А.С. Рукавишников.