

ным, а семидневные превосходили контрольные образцы по всхожести на 10 %, энергии прорастания – на 20 %. Эта же тенденция сохранялась и позднее: у 10-дневных обработанных проростков люпина наблюдали повышение и всхожести, и энергии прорастания на 15 % в сравнении с контрольной партией. Кроме того, электромагнитное поле уничтожает микрофлору. Поэтому обработанные семена были совершенно чистые и здоровые, в отличие от контрольных образцов, на которых наблюдали наличие *Penicillium*.

В результате исследований также были определены оптимальные режимы физического воздействия на семена разных культур как способа их предпосевной обработки для возделывания и перед закладкой на хранение. Разработанная методика заключается в выделении партий выполненных, кондиционных семян методом электросепарирования, которые в дальнейшем показали повышение всхожести и энергии прорастания.

Перспективность данных работ обусловлена возможностью экономии финансовых средств за счет снижения объемов закупки элитных семян, а также отсутствием необходимости применения традиционных химических и биологических методов их предпосевной подготовки, приводящих к ухудшению экологии.

Задачей дальнейшего исследования является оптимизация параметров технологического процесса обработки семян в отдельности для каждой культуры и для каждого сезона года.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНДУКЦИОННОЙ ЛАМПЫ ПО ЭНЕРГОЕМКОСТИ ФОТОСИНТЕЗА В ЛИСТЬЯХ САЛАТА

Ракутько С.А., д.т.н., доц.; Ракутько Е.Н., м.н.с.;
Транчук А.С., инженер

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Институт агроинженерных и экологических проблем
сельскохозяйственного производства», г. Санкт-Петербург, РФ*

Выращивание растений при искусственном облучении является достаточно энергоемким процессом. Основные затраты энергии здесь связаны с созданием условий для фотосинтеза, при котором происходят реакции поглощения, превращения и использования

квантов света, ведущие к образованию органического вещества. Для обеспечения требуемых световых условий при выращивании растений широко применяют облучательные установки с натриевыми лампами высокого давления. При этом наблюдаются большие энергетические затраты, что определяет важность вопросов энергосбережения [1]. В последнее время активно внедряются светодиодные источники, позволяющие варьировать спектр излучения в зоне фотосинтетически активной радиации (ФАР). Другим перспективным типом источников излучения являются индукционные лампы.

Для облучения растений лабораторией энергоэффективных электротехнологий ИАЭП совместно с НПО «Псковагроинновации» специально для тепличных хозяйств разработан энергосберегающий фитооблучатель (рис. 1). Применяемая индукционная лампа представляет собой люминесцентную лампу нового поколения. В колбе лампы за счет электромагнитной индукции создается поле, которое ионизирует наполняющую лампу смесь. Это приводит к генерации потока ультрафиолетового излучения, который преобразуется люминофором в излучение в зоне ФАР со спектром, определяемым химическим составом люминофора. Отсутствие электродов поджига обеспечивает большой срок службы лампы.



Рисунок 1. Внешний вид фитооблучателя

Технические характеристики фитооблучателя: электрическая мощность: 400 Вт, световой поток: 33690 лм, рабочая частота балласта: 225 кГц, температура на колбе лампы: 80 °С, срок службы: 100000 час., спектральный состав потока излучения (в долях энергии потока) по диапазонам: синий (400...500 нм) 21,5 %, зеленый (500...600 нм) 37,7 %, красный (600...700 нм) 35,6 %, дальнекрасный (700...800 нм) 5,1 %.

Основным ассимилирующим органом, в котором под действием оптического излучения образуются органические вещества, служащие структурно – энергетическим материалом для всего растения, является лист [2]. Продуктивность фотосинтеза, $\text{г}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{сут}^{-1}$, по накоплению массы органического вещества в единице площади листа за определенное время для всех N листьев растения определяется по формуле

$$ПФС = \frac{\sum_{n=1}^N M_n}{\sum_{n=1}^N S_n T_{\text{в}}}, \quad (1)$$

где M_n – масса вещества, полученного при фотосинтезе в n -ном листе, г;

S_n – площадь n -го листа, м^2 ;

$T_{\text{в}}$ – «возраст» n -го листа, сут.

В светокультуре, кроме продуктивности, важным так же является повышение энергоэффективности облучения, оцениваемой по энергоёмкости [3].

Энергоёмкость фотосинтеза, $\text{моль} \cdot \text{г}^{-1}$, в соответствии с ее физическим смыслом как количества энергии, затрачиваемой на единицу массы синтезируемого сухого вещества, вычисляется по формуле

$$\mathcal{E}ПС = \frac{\sum_{n=1}^N H_n}{\sum_{n=1}^N M_n}, \quad (2)$$

где H_n – доза излучения, воспринятая n -ным листом, моль.

По мере роста растения в моменты времени T_n на стебле появляются новые листья. На день окончания облучения T_k возраст n -го листа

$$T_{\text{в}} = T_k - T_n. \quad (3)$$

В предположении линейного характера зависимости изменения площади n -го листа с течением времени с момента его появления на стебле выражение для полученной n -ым листом дозы:

$$H_n = \frac{1}{2} E S_n T_o, \quad (4)$$

где E – фотонная облученность, $\text{мкмоль} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$,

T_o – время облучения n -го листа, с,

$$T_o = 3600 \cdot \PhiП \cdot T_{\text{в}}, \quad (5)$$

где $\PhiП$ – фотопериод, ч.

С учетом выражений (4) и (5), суммируя для всех листьев растения

$$\sum_{n=1}^N H_n = \sum_{n=1}^N \frac{1}{2} E \cdot S_n \cdot 3600 \cdot \PhiП \cdot T_{\text{в}} = K \sum_{n=1}^N S_n T_{\text{в}}, \quad (6)$$

где K – постоянный коэффициент, $\text{моль} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$,

$$K = \frac{1}{2} E \cdot 3600 \cdot \Phi П. \quad (7)$$

Тогда, с учетом приведенных формул, величина энергоемкости фотосинтеза определится по формуле

$$\mathcal{E} \Phi C = \frac{K}{\Pi \Phi C}. \quad (8)$$

Оценку эффективности индукционной лампы производили по энергоемкости фотосинтеза в эксперименте по выращиванию салата сорта Афицион, проведенном в мае 2015 года [4].

Распределение потока по облучаемой поверхности под фитооблучателем показано на рисунке 2, а), зависимость освещенности от высоты подвеса облучателя – на рисунке 2, б).

В эксперименте облучатель располагали на высоте 1 м над растениями. При этом уровень максимальной фотонной облученности в точке проекции светового центра облучателя на горизонтальную плоскость составлял $100 \text{ мкмоль} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$, что соответствовало освещенности 11,22 кЛк и энергетической облученности ФАР 21,5 Вт $\cdot\text{м}^{-2}$.

Фотопериод при выращивании растений салата составлял 16 ч. Периодически фиксировали количество листьев на растении, площадь листа, сырую массу и содержание сухого вещества в листьях (таблица).

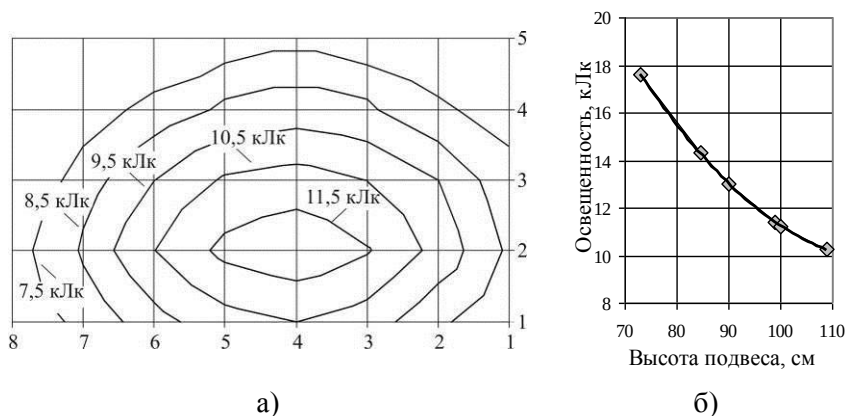


Рисунок 2. Картина горизонтальных изолюкс (а) и зависимость освещенности от высоты подвеса (б) фитооблучателя

Таблица. Интегральные параметры светокультуры салата

Параметр	Дата измерений (возраст растения, дн.)			
	07.04.2015 (18)	14.04.2015 (25)	21.04.2015 (32)	28.04.2015 (39)
Кол-во листьев на растении, шт.	2,97±0,15	5,82±0,10	8,76±0,12	11,84±0,15
Сырая масса всех листьев, г	0,66±0,03	3,45±0,15	10,28±0,62	14,19±0,78
Выход сухого в-ва, г	0,03±0,01	0,18±0,02	0,57±0,05	0,81±0,08
Среднее содержание сухого в-ва, %	4,65±0,42	5,29±0,44	5,42±0,43	5,53±0,42
Площадь поверхности листьев, см ²	42,68 ± 2,5	177,10±5,1	556,33±14,5	598,71±15,3

В конце эксперимента, для растений салата в возрасте 40 дней общая доза облучения, поглощенная листьями составила 2,05 моль. Продуктивность фотосинтеза составила 16,61 мг·м⁻²·сут⁻¹, а энергоёмкость 2,43 моль·г⁻¹.

Проведенные исследования позволили измерить светотехнические и спектральные параметры экспериментального фитооблучателя, отработать методику проведения сравнительных экспериментов по определению энергоэффективности светокультуры салата и показали перспективность использования индукционных ламп в этих условиях.

Литература

1. Ракутько С.А. Метод оценки энергоэффективности фотосинтеза в светокультуре с позиций прикладной теории энергосбережения / С.А. Ракутько, Е.Н. Ракутько // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2015. – № 86. – С. 169–183.
2. Ничипорович А.А. Световое и углеродное питание растений – фотосинтез. М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 287 с.
3. Ракутько С.А. Оптимизация технологического процесса облучения в АПК по минимуму энергоёмкости // Светотехника. – 2009. – №4. – С. 57–60.
4. Ракутько Е.Н. Сравнительная оценка эффективности источников излучения по энергоёмкости фотосинтеза / Е.Н. Ракутько, С.А. Ракутько // Инновации в сельском хозяйстве. – 2015. – №2(12). – С. 50–54.