

# Преимущества использования светодиодной фитоленты для улучшения роста растений

А. А. Богданов, М. М. Романович

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет

«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

E-mail: aleksandrbohdanov4@mail.ru

**Аннотация.** В работе показано, что светодиодные фитооблучатели являются эффективной заменой широко используемых в агропромышленном комплексе традиционных источников света, таких как люминесцентные лампы или натриевые лампы высокого давления, которые характеризуются высоким энергопотреблением и низким КПД воздействия на растения, что делает их использование в сельском хозяйстве малоэффективным. В исследовании рассмотрены аспекты использования светодиодной фитоленты для повышения эффективности роста растений в условиях городского садоводства. Дана характеристика фитоленты, рассмотрены ее параметры, имеющие важное значение для применения светодиодного облучателя в области агрофотоники. Произведен анализ особенностей фитоленты и выявлены преимущества использования светодиодного осветительного прибора в тепличном садоводстве.

**Ключевые слова:** *светодиод; фитолента; люминесцентная лампа; спектр; ватт-амперная характеристика; эффективность; КПД ФАР; плотность фотосинтетического потока фотонов; агрофотоника*

## I. ВВЕДЕНИЕ

Активное развитие светодиодов и их широкое распространение обусловлено рядом несомненных достоинств по сравнению с традиционными источниками света: исключительно высокая надежность; малые габариты; большой срок службы; высокий коэффициент использования светового потока; высокая устойчивость к механическим нагрузкам; способность работать в широком диапазоне температур; безинерционность коммутации; экологичность, связанная с отсутствием ртути и других вредных веществ; электрическая безопасность [1].

Помимо перечисленных, светодиоды имеют другие преимущества, наиболее значимым из которых является спектральный состав излучения, который, во-первых, может изменяться в зависимости от состава твердого раствора светодиодного кристалла, во-вторых, обеспечивая монохроматичность излучения, спектр будет достаточно непрерывным, а не линейчатым, как у люминесцентных ламп, а в случае люминофорных белых светодиодов спектр будет широким, практически идентичным видимому солнечному свету [2].

Светодиодные системы освещения также можно оснащать системами управления величиной генерируемого светового потока – диммирование,

изменять спектральный состав и цвет генерируемого излучения добавлением светодиодов другого цвета, и конечно же, осуществлять комбинированное управление этими параметрами [3].

Перечисленные особенности и преимущества светодиодных осветительных приборов по сравнению с прочими источниками света не могли остаться незамеченными в области агрофотоники и обеспечили все более широкое применение светодиодов для выращивания растений [4].

## II. ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИТОЛЕНТЫ

Для городского земледелия часто применяются светодиодные ленты. Это обусловлено удобством использования, так как формат ленты позволяет создавать любую требуемую конфигурацию осветительного прибора, оптимальную в стесненных квартирных условиях, а также относительной дешевизной подобных систем.

Рассмотрим параметры одной из таких лент (рис. 1).



Рис. 1. Отрезок светодиодной фитоленты

Исследуемая лента состоит из отрезков, содержащих 9 отдельных светодиодов: 3 красных и 6 белых.

Спектры излучения кристаллов светодиодов определяются спектрами люминесценции полупроводников, из которых они изготовлены. Красный светодиодный кристалл обычно изготавливается из GaAs и твердых растворов на его основе, ширина запрещенной зоны которого определяет длину волны излучения светодиода. Пиковая длина волны исследуемого СИД составляет 665 нм (рис. 2). Синий кристалл, входящий в состав белого светодиода, изготовлен из GaN и имеет максимум излучения 454 нм, однако наибольшую интенсивность излучения создает желтый люминофор (максимум излучения 575 нм), преобразующий значительную часть синего света в желтый, который при смешении с синим дает белый свет (рис. 3).

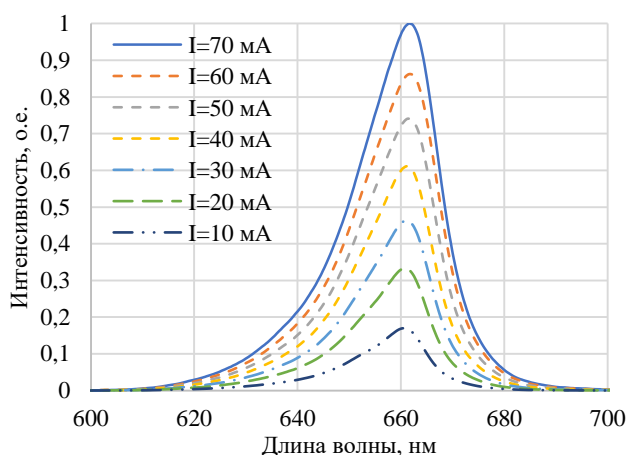


Рис. 2. Спектры излучения красного светодиода из состава ленты

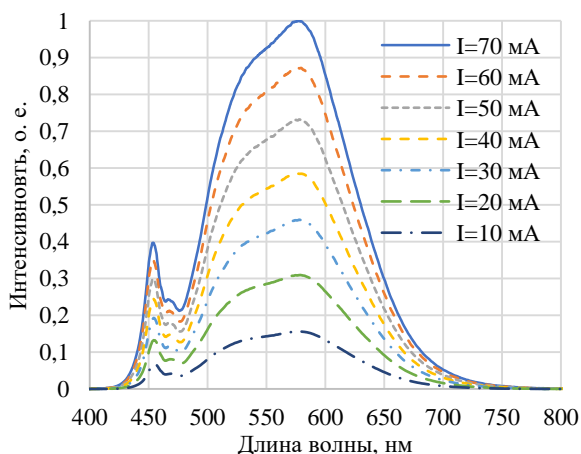


Рис. 3. Спектры излучения белого светодиода из состава ленты

В совокупности, два вида светодиодов создают следующий спектр.

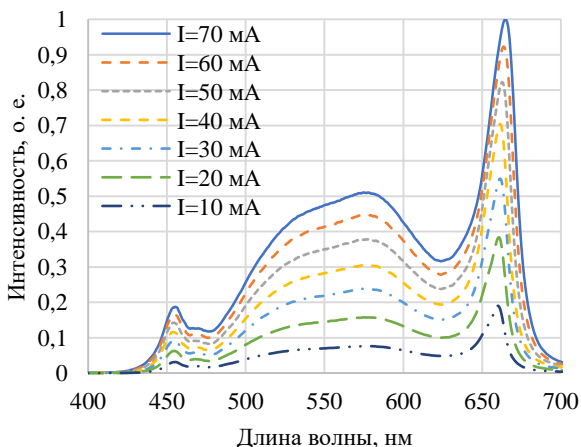


Рис. 4. Спектр излучения отрезка фитоленты

Влияние света на протекающие процессы можно наблюдать на протяжении всего жизненного цикла растения, включая прорастание семян, раскрытие апикального крючка, удлинение стебля, расширение листьев, синтез фотосинтетических и защитных пигментов, боковое ветвление, покой почек и цветение.

Регуляторная роль света заключается в переключении основных механизмов регуляции, обеспечивающих реакцию сельскохозяйственных культур на тип освещения, реализуя соответствующие программы развития растений. Фоторецепторы преобразуют свет в биохимический сигнал.

Спектр фитоленты непрерывен и покрывает практически всю область фотосинтетически активной радиации (ФАР), важной для растений. Недостаточный уровень интенсивности излучения наблюдается только в граничных областях коротких и длинных волн (рис. 4).

Рассмотрим корреляцию параметров фитоленты с характеристиками растений, такими как спектры поглощения хлорофилла – пигмента, придающего растениям зеленый цвет и ответственного за фотосинтез. Процесс фотосинтеза представляет собой поглощение, запасание и передачу энергии, и именно пигмент хлорофилл осуществляет преобразование энергии кванта излучения, тогда как остальные пигменты участвуют в поглощении и миграции энергии. Выбранные модификации хлорофилла – основной а и дополнительный b наиболее распространены у растений. Строение молекул этих пигментов обуславливает их высокое поглощение для синей и красной областей спектра. В спектре поглощения хлорофиллов А и В присутствуют два основных максимума, что говорит о существовании двух наиболее вероятных для данных молекул синглетных-синглетных поглощательных переходов: высокоэнергетический, который соответствует полосе поглощения в синей области спектра (410 – 480 нм) и низкоэнергетический, который соответствует полосе поглощения в красной области (630 – 680 нм). Положение максимумов полос поглощения зависит от типа растения. Управление процессами фотосинтеза и фотоморфогенеза с помощью освещения различным спектральным составом является наиболее эффективным путем воздействия на продуктивность, рост и урожайность растений.

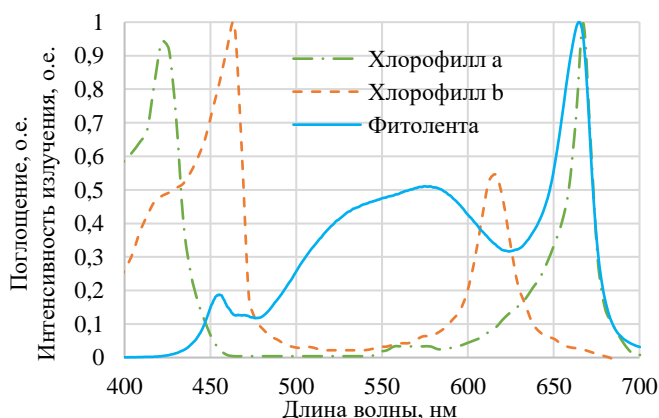


Рис. 5. Спектры поглощения хлорофилла а и б и спектр излучения фитоленты

Максимумы спектров поглощения пигментов растений и излучения фитоленты хорошо соответствуют друг другу, спектры в значительной степени перекрывают друг друга (рис. 5). Область белого света (от 500 до 600 нм), однако, практически не поглощается

хлорофиллом, тем не менее, белый свет играет важную роль в жизни растений, так как он отвечает за акклиматизацию растений к тени, запуская выработку дополнительного хлорофилла благодаря способности проникновения до нижних листьев. Также, наличие белого света облегчает работу с растениями для человека, позволяя сохранить зрительный комфорт и обеспечить правильно цветовосприятие [5].

Для сравнения можно привести спектр излучения люминесцентной лампы, также часто применяемой в сельском хозяйстве.

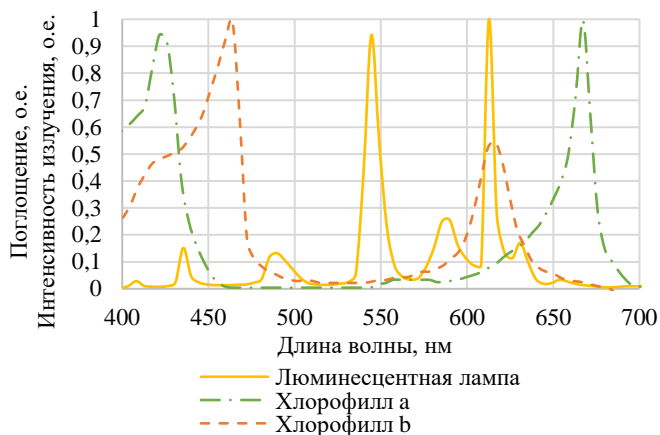


Рис. 6. Спектры поглощения хлорофилла а и b и спектр излучения люминесцентной лампы

Спектр излучения люминесцентной лампы имеет малую площадь перекрытия со спектрами поглощения хлорофилла (рис. 6), что обуславливает низкую эффективность применения подобных облучательных приборов в сельском хозяйстве.

Помимо спектральных характеристик интерес для рассмотрения представляют энергетические характеристики светодиодной ленты и люминесцентной лампы [6]. Отношение полученной оптической мощности в ваттах, приходящейся на ФАР диапазон к затраченной электрической мощности, является эффективностью источника излучения и составляет для исследуемой светодиодной фитоленты 59 %, и для люминесцентной лампы 13 %. Если учесть

рассмотренные спектры поглощения пигментов растений, то КПД излучателей в области ФАР составляет 42 % для светодиодного источника и только 7 % для люминесцентной лампы.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюмируя вышеизложенное, можно сделать вывод, что светодиодные фитосветильники являются эффективной заменой привычных светильников, применяемых в агрофотонике. Квазимонохроматичность, обеспечивающая необходимую спектральную избирательность для стимуляции конкретных реакций растения, энергоэффективность светодиодов, обуславливающая экономическую выгоду от их использования (КПД светодиодной фитоленты в области ФАР в 6 раз выше по сравнению с тем же параметром люминесцентной лампы), возможность диммирования и изменения спектра излучения осветительного прибора для наилучшего соответствия биоритмам растений и еще более эффективного взаимодействия с ними и также простота и безопасность делают светодиоды наиболее предпочтительными для использования в агропромышленности с целью увеличения продуктивности сельского хозяйства [7].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Белоус А.И., Лабунов В.А., Солодуха В.А. Современная микроэлектроника: тенденции развития, проблемы и угрозы / Международный форум «Микроэлектроника–2019»: тез. докл. 5-й Международной научной конференции «Электронная компонентная база и микроэлектронные модули», Алушта, 0 сентября – 05 октября 2019 г. / ТЕХНОСФЕРА, Москва, 2019.
- [2] Справочная книга по светотехнике / под ред. доктора технических наук, проф. Ю.Б. Айзенберга. 3-е из. М.: ЗНАК, 2006.
- [3] Скобарева З.А., Текшева Л.М. Биологические аспекты гигиенической оценки естественного и искусственного освещения // Светотехника. 2003, № 4.
- [4] Справочная книга по светотехнике / под общ. ред. Ю.Б. Айзенберга и Г.В. Бооса. 4-е изд. М.: Группа Компаний More, 2019.
- [5] Фред Е. Шуберт Светодиоды. М.: ФИЗМАЛИТ, 2008.
- [6] Ерохин М.М., Камшилов П.В., Терехов В.Г., Туркин А.Н. Исследование характеристик светодиодов для фитооблучателей // «Светотехника». 2019, № 5, с. 42-48.
- [7] Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений: Учебник. М.: Высшая школа, 2006, 742 с.