

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИ АКТИВНОГО СВЕТА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ *SPIRULINA PLATENSIS*

Доманский В.П., Козел Н.В.

ГНУ «Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси»,
Минск, Беларусь, kmi@tut.by

Изучали эффективность использования в качестве источников освещения для выращивания водорослей новых сверхярких светодиодов по сравнению с энергосберегающими люминесцентными лампами низкого давления. В качестве объекта исследования использовали трихомную синезеленую водоросль *Spirulina (Arthrospira) platensis* (штамма IBCE S-2 из коллекции Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси). Водоросль выращивали в стеклянных бюксах объемом 20 мл (рабочий объем 15 мл) на среде Зарроука в режиме 14 ч света – 10 ч темноты в течение 7 дней. Продуктивность *Spirulina* определяли по изменению биомассы, которую оценивали по поглощению суспензии в зеленой области спектра, а также по сухому весу биомассы. Для контроля изменений пигментного состава водорослей дополнительно регистрировали спектры поглощения нативной культуры на спектрофотометре с интегрирующей сферой СФ-14 (Россия). Для выращивания *Spirulina platensis* использовали светодиодный осветитель с различными комбинациями синего (440–460 нм), голубого (465–485 нм), зеленого (520–535 нм), желтого (585–595 нм), оранжевого (605–620), красного (630–650 нм) и белого светодиодов (потребляемая мощность одного светодиода около 1 Вт), а также энергосберегающую люминесцентную лампу Philips PL-S 11W\640\2P с потребляемой мощностью 11 Вт, цветовой температурой 4100К и светоотдачей 64 Лм/Вт. Интенсивности световых потоков лампы и комбинации светодиодов изначально были выравнены по энергии и составляли примерно 0,45 мВт/см².

Ранее нами было показано, что использование для культивирования водорослей только красного и синего светодиодов приводит к замедлению роста *Spirulina*, несмотря на то, что в растительных организмах в качестве основных пигментов-светосборщиков выступают хлорофилл и каротиноиды, которые наиболее эффективно поглощают свет в синей и красной области спектра. Также нами была зафиксировано преимущественное снижение содержания ценного биоантиоксиданта фикоцианина,

участвующего в клетках водоросли в процессе фотосинтеза, по отношению к остальным светособирающим пигментам. Причин замедления роста *Spirulina* может быть несколько. Это и интенсивное поглощение фотосинтетически активного света тонким слоем суспензии, и фотоповреждение клеточных компонентов при насыщении фотосинтеза, и невозможность использования всего потенциала фотосинтетического аппарата *Spirulina*, включающего кроме хлорофилла и каротиноидов также и фикоцианин. Мы предположили, что, несмотря на высокую энергетическую эффективность светодиодных источников света, для создания полноценного осветителя на основе светодиодов необходим индивидуальный подбор интенсивностей светового потока, а также подбор спектрального состава для конкретного рода водорослей с целью достижения их максимальной продуктивности и высокой антиоксидантной ценности суспензии.

Для решения этой задачи изучали рост *Spirulina* под осветителями с разными светодиодами. Были использованы следующие варианты светодиодных источников: 1) синий, 2) голубой, 3) зеленый, 4) желтый, 5) оранжевый, 6) красный, 7) белый, 8) белый + оранжевый в соотношении 4:1 по энергии излучения, 9) красный + синий в соотношении 3:1 по энергии излучения, 10) красный + желтый + голубой + синий в соотношении 3:3:1:1 по энергии излучения соответственно.

Было установлено, что использование отдельно синего и голубого (варианты 1, 2) светодиодов для выращивания водоросли является бесперспективным, так как несмотря на высокое поглощение света суспензией в этих областях, интенсивность роста снижается практически в 2 раза. Также крайне низкий рост водоросли зафиксирован, как и ожидалось, при использовании зеленого светодиода (вариант 3).

При использовании в качестве осветителя желтого, оранжевого, красного и белого светодиодов, а также совместно белого с оранжевым и красного с синим (варианты 4, 5, 6, 7, 8, 9) был зарегистрирован более интенсивный рост водоросли по сравнению с вариантами 1–3, а в некоторых экспериментах при использовании красного (6), красного с синим в соотношении 3:1 (9) продуктивность *Spirulina* была сопоставимой с таковой при выращивании под люминесцентной лампой. Однако во всех перечисленных вариантах в большинстве экспериментов зафиксировано снижение фикоцианина по отношению к хлорофиллу и каротиноидам, что хорошо детектируется по уменьшению поглощения света при 620 нм, определяемого фикоцианином, относительно коротковолновой полосы поглощения остальных пигментов (на рисунке для наглядности представлен спектр для варианта №5). Этот факт объясняется неопти-

мальным спектральным составом используемых светодиодных осветителей.

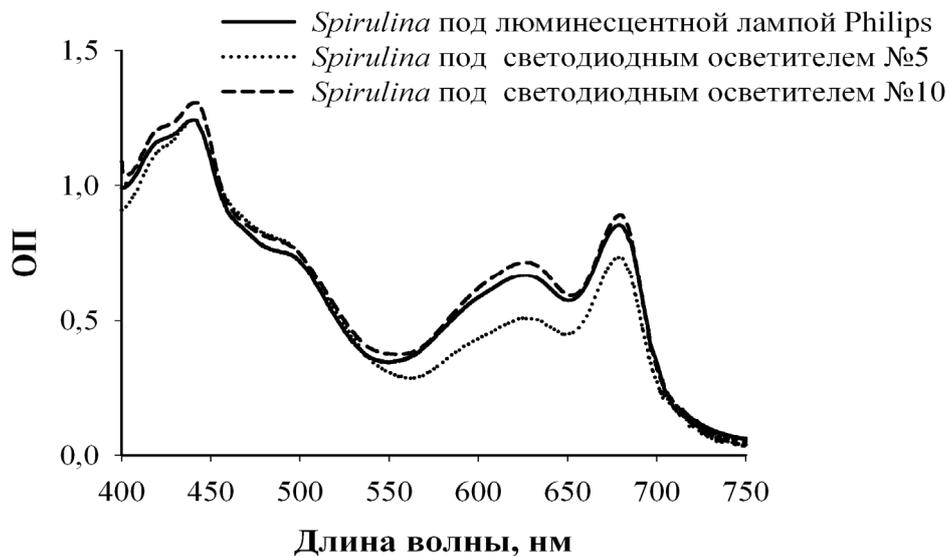


Рисунок – Спектры поглощения нативной культуры водоросли *Spirulina platensis*, выращенной под люминесцентной лампой Philips или светодиодными осветителями (вариант №5 и вариант №10)

На основании полученных данных было решено использовать более сложную осветительную установку, содержащую красный, желтый, голубой и синий светодиоды в соотношении 3:3:1:1 по энергии излучения соответственно. Такой подход дал положительный результат. Нам удалось добиться более высокой (примерно на 15%) интенсивности роста *Spirulina*, чем при культивировании под люминесцентной лампой. При этом снижения количества фикоцианина относительно остальных фотосинтетических пигментов не происходило (рисунок). Важно отметить, что потребляемая энергия сконструированного осветителя равна 3,3 Вт, что в 3 раза ниже энергопотребления люминесцентной лампы с соответствующим световым потоком.

Таким образом, комбинирование различных светодиодов для создания полноценного спектрального состава позволило сконструировать высокоэффективный осветитель для выращивания синезеленой водоросли *Spirulina*. Использование кроме «классических» синего и красного светодиодов дополнительно желтого и голубого позволяет минимизировать эффект поглощения света тонким слоем водоросли, а также оптимизировать чередование световых и темновых стадий фотосинтеза. Примененный подход будет полезен при разработке осветителей для выращивания большинства растительных организмов.