



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

A01G 7/00 (2019.08); A01G 9/20 (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2017137737, 31.03.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
31.03.2016Дата регистрации:
16.10.2020

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
31.03.2015 EP 15161920.2

(43) Дата публикации заявки: 30.04.2019 Бюл. № 13

(45) Опубликовано: 16.10.2020 Бюл. № 29

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 31.10.2017(86) Заявка РСТ:
EP 2016/056998 (31.03.2016)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2016/156452 (06.10.2016)Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр. 3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

КРЕЙН Марселлинуc Петрус Каролус
Михал (NL),
ОНАК Габриэль-Юджин (NL)

(73) Патентообладатель(и):

ФИЛИПС ЛАЙТИНГ ХОЛДИНГ Б.В. (NL)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: WO 2014188303 A1, 27.11.2014. US
2011209400 A1, 01. 09.2011. RU 2448455 C2,
27.04.2012. RU 2522656 C2, 20.07.2014.

(54) СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ ОСВЕЩЕНИЯ РАСТЕНИЙ

(57) Реферат:

Изобретения относятся к области растениеводства. Система содержит источник дальнего красного света и контроллер, выполненный с возможностью изменения выходного потока источника дальнего красного света. Выходные потоки источника дальнего красного света и источника дополнительного света объединяются с обеспечением количества фотосинтетически активной радиации для освещения растения. Контроллер выполнен с возможностью изменения выходного потока источника дальнего красного света так, чтобы

по мере изменения выходного потока источника дополнительного света доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее заданного минимума дальнего красного света. Способ включает подачу дальнего красного света, объединение дальнего красного света и дополнительного света с обеспечением количества фотосинтетически активной радиации для освещения растения и автоматическое изменение дальнего красного света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля

суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее заданного минимума дальнего красного света. Контроллер, используемый со светильником, содержащим источник синего света и источник красного света, содержит первый сигнальный порт, предназначенный для приема значения, соответствующего доле суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации, и/или значения, соответствующего доле суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации; синий, дальний красный и дополнительный свет объединяются с обеспечением фотосинтетически активной радиации; второй сигнальный порт, предназначенный для управления выходным потоком источника синего света и/или выходным потоком источника дальнего красного света; и считываемую компьютером программу, которая

при её выполнении изменяет (i) выходной поток источника синего света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее заданного минимума синего света, и (ii) выходной поток источника дальнего красного света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее заданного минимума дальнего красного света. Считываемый компьютером носитель данных содержит имеющуюся на нем считываемую компьютером программу, которая при её выполнении в системе осуществляет способ. Группа изобретений позволяет повысить эффективность осветительной системы. 4 н. и 11 з.п. ф-лы, 3 ил., 1 табл., 1 пр.

R U 2 7 3 4 4 3 6 9 3 C 2

R U 2 7 3 4 4 3 6 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

A01G 7/00 (2019.08); A01G 9/20 (2019.08)(21)(22) Application: **2017137737, 31.03.2016**(24) Effective date for property rights:
31.03.2016Registration date:
16.10.2020

Priority:

(30) Convention priority:
31.03.2015 EP 15161920.2(43) Application published: **30.04.2019 Bull. № 13**(45) Date of publication: **16.10.2020 Bull. № 29**(85) Commencement of national phase: **31.10.2017**(86) PCT application:
EP 2016/056998 (31.03.2016)(87) PCT publication:
WO 2016/156452 (06.10.2016)

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, str. 3, OOO
"Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**KRIJN, Marcellinus, Petrus, Carolus, Michael
(NL),
ONAC, Gabriel-Eugen (NL)**

(73) Proprietor(s):

PHILIPS LIGHTING HOLDING B.V. (NL)(54) **PLANT ILLUMINATION SYSTEMS AND METHODS**

(57) Abstract:

FIELD: crop growing.

SUBSTANCE: system has far-red light source and a controller configured to vary far red light source output. Output streams of far red light source and additional light source are combined to provide amount of photosynthetically active radiation for plant illumination. Controller is configured to vary far red light source output stream so that as far as the output stream of the additional light source changes, the fraction of total far red light in the photosynthetically active radiation is not less than a given low far red light. Method includes far red light feeding, combining far red light and additional light with provision of amount of photosynthetically active radiation for plant

illumination and automatic change of far red light so that as far as the additional light changes, the fraction of total far red light in photosynthetically active radiation is not less than a given low far red light. Controller comprises a blue light source and a red light source, as well as a first signal port for receiving a value corresponding to a fraction of total blue light in photosynthetically active radiation, and/or a value corresponding to a fraction of total far red light in photosynthetically active radiation; blue, far red and additional light are combined to provide photosynthetically active radiation; a second signal port for controlling the output stream of the blue light source and/or the far red light source output stream; and a

computer-readable program which, when executed, changes (i) the output stream of the blue light source so that as the additional light changes, the fraction of total blue light in photosynthetically active radiation is not less than a given minimum of blue light, and (ii) the far red light source output stream so that as far as the additional light changes, the fraction of total far red light in the photosynthetically active radiation is not

less than a given low far red light. Computer-readable data medium contains a computer-readable program which, when executed in the system, executes the method.

EFFECT: group of inventions improves the efficiency of the lighting system.

15 cl, 3 dwg, 1 tbl, 1 ex

R U 2 7 3 4 4 3 6 C 2

R U 2 7 3 4 4 3 6 C 2

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ, К КОТОРОЙ ОТНОСИТСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

В общем настоящее изобретение относится к системам и способам освещения растений, в частности, к предоставлению растениям добавочного освещения в дополнение к естественному свету и к повышению урожайности сельскохозяйственных культур при использовании такого добавочного освещения. Изобретение особенно 5 пригодно для использования в растениеводстве.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Добавочное освещение все в большей степени используется в растениеводстве для улучшения роста фруктов и овощей в теплицах, особенно в течение сезонов, когда 10 только естественного дневного света недостаточно. Добавочное освещение позволяет круглогодично выращивать фрукты и овощи.

Например, при выращивании томатов в Нидерландах используют добавочное освещение зимой, осенью и весной, поскольку в течение этих сезонов дневной свет обычно отсутствует. В то же самое время цены на томаты являются наиболее высокими 15 в течение этих сезонов, что более чем компенсирует инвестиционные затраты и затраты на энергию для добавочного освещения.

Светодиоды (светоизлучающие диоды) представляют собой твердотельные источники света. Светодиоды имеют ряд преимуществ перед другими источниками света, такие как стойкость, долговечность, компактность и эффективность. Кроме того, на практике 20 светодиоды обеспечивают узкополосные спектральные излучения, подразумевая, что спектральный профиль светодиодной осветительной системы может быть оптимизирован под конкретное применение или вид сельскохозяйственной культуры. Дополнительно светодиоды обеспечивают высокий световой выход при низком тепловом излучении, а также гибкость при конструировании и размещении в осветительных системах.

Последние достижения гарантировали доступность светодиодов с увеличивающимся 25 числом длин волн и со снижающейся стоимостью. В результате светодиоды становятся все более предпочитаемыми для использования в растениеводстве.

Основная задача в растениеводстве заключается в максимизации урожайности сельскохозяйственных культур (например, урожайности биомассы или фруктов) при 30 поддержании как можно более низкой энергии, потребляемой при освещении.

При использовании светодиодов в качестве источника света длины волн обычно выбирают такими, при которых эффективность фотосинтеза является наибольшей. Фотосинтез представляет собой механизм, используемый растениями для преобразования CO_2 из воздуха в сочетании с водой и светом в сахара. Рост биомассы 35 пропорционален количеству образуемых сахаров. Зависимость реакции фотосинтеза от длины волны показана на фигуре 1 (эта кривая зависимости также известна как «кривая МакКри» или «кривая зависимости фотосинтеза»). Распределение является несколько изрезанным в области спектра синего и красного света.

Как аппроксимацию этой кривой все излучение в области длин волн между 400 нм и 700 нм называют «фотосинтетически активной радиацией» (ФАР), также показанной 40 на фигуре 1. Фотосинтетически активная радиация (инициирующее фотосинтез излучение) может быть выражена в числе фотонов на площадь поверхности в секунду и известна как «плотность фотосинтетического потока фотонов» (ПФПФ). Число фотонов обычно выражают в мкмоль, где 1 моль соответствует $6,02 \times 10^{23}$ фотонам. 45 Кроме того, фотосинтетически активную радиацию можно выразить как количество энергии на площадь поверхности в секунду, и эта единица измерения известна как интенсивность света. Интенсивность света и плотность фотосинтетического потока фотонов являются взаимно преобразуемыми. Плотность фотосинтетического потока

фотонов более широко используется в данной области техники и поэтому является предпочтительным показателем для целей настоящего изобретения.

На фигуре 1 также показан «спектр потока фотонов дневного света» (определенный в соответствии со стандартом AM1.5G, ASTM G173 Американского общества по испытанию и материалам) между 300 и 800 нм.

Для роста растений наиболее важна спектральная область от 400 нм до 800 нм. Область синего (С) света продолжается от 400 нм до 500 нм, зеленого (З) света от 500 нм до 600 нм, красного (К) света от 600 нм до 700 нм и дальнего красного (ДК) света от 700 нм до 800 нм.

Поток фотонов фотосинтетически активной радиации при дневном свете можно выразить как $F_{ФАР} = F_C + F_Z + F_K$, где $F_C + F_Z + F_K$ можно использовать для обозначения потока синего света, зеленого света и красного света, соответственно. Для дневного света соответствующими отношениями синего света, зеленого света и красного света являются $F_C:F_Z:F_K = 0,27:0,35:0,38$. $F_{ДК}$ является потоком дальнего красного света. При выражении относительно количества $F_{ФАР}$ отношение представляет собой $F_{ДК}:F_{ФАР} = 0,36$.

Поскольку известно, что растения хорошо растут при дневном свете, общий подход в данной области техники заключается в использовании спектра добавочного света, который имитирует дневной свет.

Хотя светодиоды предлагают преимущества перед другими видами освещения, такими как освещение лампами накаливания и люминесцентными лампами, существует необходимость в повышении эффективности светодиодных осветительных систем. Электроэнергия является все более дорогостоящим и ценным ресурсом. Это особенно справедливо в течение весенних, осенних и зимних месяцев, когда спрос на энергию является наибольшим.

Поэтому задача настоящего раскрытия заключается в улучшении эффективности таких добавочных осветительных систем.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В первом аспекте настоящего раскрытия предложена система для освещения растения при наличии источника дополнительного света, при этом система содержит: источник синего света; источник дальнего красного света; и контроллер, выполненный с возможностью изменения выходных потоков источника синего света и источника дальнего красного света, при этом выходные потоки источника синего света, источника дальнего красного света и источника дополнительного света объединяются с обеспечением количества фотосинтетически активной радиации для освещения растения, и при этом контроллер выполнен с возможностью изменения (i) выходного потока источника синего света так, чтобы по мере изменения выходного потока источника дополнительного света доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее первого заданного минимума, и/или изменения (ii) выходного потока источника дальнего красного света так, чтобы по мере изменения выходного потока источника дополнительного света доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее второго заданного минимума.

Во втором аспекте настоящего раскрытия предложен способ освещения растения при наличии дополнительного света, содержащий: подачу синего света; подачу дальнего красного света; объединение синего света, дальнего красного света и дополнительного света с обеспечением количества фотосинтетически активной радиации для освещения

растения; и изменение синего света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации составляла больше первого заданного минимума, и/или изменение дальнего красного света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации составляла больше второго заданного минимума.

В третьем аспекте настоящего раскрытия предложен способ освещения растения при наличии дополнительного света, содержащий: подачу синего света; подачу дальнего красного света; объединение синего света, дальнего красного света и дополнительного света с обеспечением количества фотосинтетически активной радиации для освещения растения; и (i) автоматическое изменение синего света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее первого заданного минимума, и/или (ii) автоматическое изменение дальнего красного света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее второго заданного минимума.

В четвертом аспекте настоящего раскрытия предложен считываемый компьютером носитель данных, содержащий имеющуюся на нем считываемую компьютером программу, при выполнении которой в системе согласно первому аспекту раскрытия осуществляется способ согласно второму аспекту раскрытия.

Настоящее раскрытие улучшает использование энергии светодиодной осветительной системы, предназначенной для применения в растениеводстве, при учете эффективностей светодиодов и оптимизации света, предоставляемого растению с обеспечением оптимальной зависимости фотосинтеза и роста, с максимизированием тем самым урожайности сельскохозяйственных культур при минимизации энергопотребления.

Настоящее изобретение определено независимыми пунктами формулы изобретения. Дополнительные признаки настоящего изобретения определены в зависимых пунктах формулы изобретения.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Выполнена ссылка на сопровождающие чертежи, на которых:

Фиг. 1 представляет собой график, показывающий «фотосинтетически активную радиацию», «спектр потока фотонов дневного света» и «кривую МакКри».

Фиг. 2 представляет собой примерную схему освещения по настоящему изобретению.

Фиг. 3 представляет собой график, показывающий эффективность роста при изменении доли синего света, когда доля дальнего красного света фиксирована, и при изменении доли дальнего красного света, когда доля синего света фиксирована.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В настоящем раскрытии представлена система для освещения растения при наличии источника дополнительного света, которая содержит: источник синего света; источник дальнего красного света; и контроллер, выполненный с возможностью изменения выходных потоков источника синего света и источника дальнего красного света, при этом выходные потоки источника синего света, источника дальнего красного света и источника дополнительного света объединяются с обеспечением количества фотосинтетически активной радиации для освещения растения, и при этом контроллер выполнен с возможностью изменения (i) выходного потока источника синего света так, чтобы по мере изменения выходного потока источника дополнительного света доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее первого заданного минимума, и/или (ii) выходного потока источника дальнего

красного света так, чтобы по мере изменения выходного потока источника дополнительного света доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее второго заданного минимума.

Представленная система, способ и контроллер пригодны для использования в растениеводстве. Система, способ и контроллер могут использоваться для добавления естественного света в теплицы или городские фермы в зависимости от поступления дневного света. Кроме того, система, способ и контроллер могут использоваться в отсутствие дневного света.

Как используется здесь, цвет, такой как «синий», «красный» и «дальний красный», применяемый для описания света, означает свет с длиной волны, попадающей в конкретный диапазон. В одном аспекте «синий» свет означает свет, попадающий в диапазон от 400 нм до 500 нм, «зеленый» свет означает свет, попадающий в диапазон от 500 нм до 600 нм, «красный» свет означает свет, попадающий в диапазон от 600 нм до 700 нм, и «дальний красный» свет означает свет, попадающий в диапазон от 700 нм до 800 нм. Следует понимать, что каждый диапазон можно также определить как «канал», например, «синий канал» означает свет, попадающий в диапазон от 400 нм до 500 нм. В одном аспекте термин «фотосинтетически активная радиация» или ФАР означает свет, попадающий в диапазон от 400 до 700 нм. В соответствии с менее предпочтительным определением «фотосинтетически активная радиация» может означать свет, попадающий в диапазон от 400 до 800 нм. Термин «фотосинтетически активная радиация» означает сумму всего света, поступающего к растению, как искусственного, так и естественного.

Как используется здесь, термин «источник света» означает любой источник света, который испускает световое излучение. Термин может охватывать устройство для подачи искусственного света, такое как светильник, которое может содержать элементы, такие как лампу, корпус для лампы и любое связанное с ними оборудование, или саму лампу. Дополнительно, лампа может быть обеспечена в различных видах, известных в уровне техники, включая лампу накаливания (такую как галогенная лампа), светодиодную лампу, дуговую лампу (такую как металлогалоидная лампа) или газоразрядную лампу (такую как люминесцентная лампа). Термин «источник света» может также охватывать естественный свет, то есть солнечный свет.

Термин «источник синего света» означает источник света, который создает синий свет. Выходной поток источника синего света может иметь спектр, полностью попадающий в диапазон от 400 нм до 500 нм. Альтернативно, более 50%, 60%, 70%, 80% или 90% света, создаваемого источником синего света, может попадать в диапазон от 400 нм до 500 нм, и/или выходной поток источника синего света может иметь спектр с пиковой длиной волны (длиной волны, на которой излучение максимально) в диапазоне от 400 нм до 500 нм.

Термин «источник дальнего красного света» означает источник света, который создает дальний красный свет. Выходной поток источника дальнего красного света может иметь спектр, полностью попадающий в диапазон от 700 нм до 800 нм. Альтернативно, более 50%, 60%, 70%, 80% или 90% света, создаваемого источником дальнего красного света, может попадать в диапазон от 700 нм до 800 нм, и/или выходной поток источника дальнего красного света может иметь спектр с пиковой длиной волны в диапазоне от 700 нм до 800 нм.

Термин «источник красного света» означает источник света, который создает красный свет. Выходной поток источника красного света может иметь спектр, полностью попадающий в диапазон от 600 нм до 700 нм. Альтернативно, более 50%, 60%, 70%,

80% или 90% света, создаваемого источником красного света, может попадать в диапазон от 600 нм до 700 нм. Альтернативно, выходной поток источника красного света может иметь спектр с пиковой длиной волны в диапазоне от 600 нм до 700 нм.

Хотя красный свет наиболее эффективен при возбуждении фотосинтеза, для оптимального роста желателен некоторый минимум синего света (излучения в области длины волны от 400 нм до 500 нм), поскольку синий свет играет важную роль при поддержании устьиц листьев открытыми для обеспечения постоянного поступления CO₂ в листья для фотосинтеза. Hogewoning (Хогевонин) и соавторы (Journal of Experimental Botany, vol. 61, pp. 3107-3117, 2010) обнаружили, что скорость поглощения CO₂ (количество CO₂, поглощаемого листьями в зависимости от времени) количественно зависит от доли синего света в фотосинтетически активной радиации, предоставляемой растению, вплоть до 50%. Считается, что эта доля наряду с прочим является важной для удержания устьиц листьев открытыми.

Авторы изобретения обнаружили, что доля синего света около 15% обеспечивает скорость поглощения CO₂, которая максимизирует урожайность сельскохозяйственных культур при заданном количестве фотосинтетически активной радиации, предоставляемого дополнительным светом (и, следовательно, количестве потребляемой энергии). Авторы изобретения обнаружили, что минимальная доля синего света должна быть 5%, более низкие значения приводят к очень низкой урожайности сельскохозяйственных культур (данные не показаны). Однако каждое последующее повышение процентного пункта свыше 15% обеспечивает соответствующее сокращающееся повышение урожайности сельскохозяйственных культур при заданном количестве фотосинтетически активной радиации, предоставляемого добавочным светом (и, следовательно, количестве потребляемой энергии).

Часть спектра, относящаяся к дальнему красному свету (излучению в области длин волн от 700 нм до 800 нм), влияет на морфологию растений и, следовательно, на улавливание света. Недостаточное количество дальнего красного света приводит к росту растений, приводящему к плотной и компактной морфологии. Такая морфология является невыгодной, поскольку большинство растений оказываются неспособными усваивать достаточное количество света для фотосинтеза. Таким образом, дальний красный свет гарантирует способность растения усваивать максимально возможное количество света (например, при минимизации возможности затенения одним листом другого листа). Авторы изобретения обнаружили, что доля дальнего красного света около 10% в фотосинтетически активной радиации максимизирует урожайность сельскохозяйственных культур при заданной фотосинтетически активной радиации, предоставляемой добавочным светом (и, следовательно, количестве потребляемой энергии). Однако каждое последующее повышение процентного пункта свыше 10% обеспечивает соответствующее сокращающееся повышение урожайности сельскохозяйственных культур при заданном количестве фотосинтетически активной радиации, предоставляемого добавочным светом (и, следовательно, количестве потребляемой энергии).

В дневном свете доля синего света составляет в среднем приблизительно 27% фотосинтетически активной радиации, а доля дальнего красного света составляет приблизительно 36%. Однако дневной свет не обязательно обеспечивает оптимальный спектр для фотосинтеза. Поэтому имитирование дневного света приводит к относительно неэффективному решению. Таким образом, предпочтительно не обеспечивать долю синего света и долю дальнего красного света выше средних значений,

наблюдаемых в дневном свете, то есть 27% и 36%, соответственно.

Поэтому для оптимального роста и максимальной урожайности фотосинтетически активная радиация должно содержать определенные минимальные доли синего и дальнего красного света. Представленные система, способ и контроллер принимаются в расчет эти минимальные доли. При обеспечении суммарных количеств синего и дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации, предоставляемой растению, находящихся выше заданных минимумов, настоящее раскрытие гарантирует оптимальные рост и урожайность.

Как можно видеть из фигуры 1, наибольшая реакция фотосинтеза наблюдается в диапазоне от около 550 до 650 нм; эффективность фотосинтеза в каналах синего и красного дальнего света является сравнительно низкой. Неэффективно повышать долю синего и дальнего красного света сверх минимума, необходимого для обеспечения оптимальных роста и морфологии.

Дополнительно, различные светодиоды обычно демонстрируют разные эффективности. Генерация фотонов синего и дальнего красного света является относительно затратной. Типичные эффективности светодиодов показаны ниже.

Таблица 1. Эффективности светодиодов (включая потери в возбuditеле)

Канал	Эффективность (мкмоль/Дж)
Синий (450 нм)	1,22
Красный (660 нм)	1,92
Дальний красный (740 нм)	1,53

Поэтому использование светодиодов для генерации синего и дальнего красного света является относительно энергетически неэффективным по сравнению с генерацией красного света. Представленные системы, способы и контроллеры учитывают эти эффективности светодиодов путем минимизации использования светодиодов, имеющих наименьшие эффективности, с предоставлением профиля фотосинтетически активной радиации, который обеспечивает повышенный урожай биомассы на единицу потребляемой энергии.

Представленные системы, способы и контроллеры нацелены на использование добавочного или искусственного освещения в дополнение к дневному свету, например, в теплице. Поэтому источник дополнительного света может содержать солнечный свет. Как используется здесь, термины «добавочный» и «искусственный» являются синонимичными. Световые излучения являются «добавочными» в том смысле, что они используются в дополнение к естественному дневному свету. Однако следует понимать, что системы, способы и контроллеры могут использоваться в такой теплице при полном отсутствии дневного света, например, до восхода солнца и после захода солнца.

Следует понимать, что излучение при дневном свете изменяется на всем протяжении дня. Поэтому выходные потоки источников синего и дальнего красного света можно изменять на всем протяжении дня, чтобы обеспечивать количество фотосинтетически активной радиации, имеющей заданные доли синего и дальнего красного света, которые изменяются в ответ на изменение дневного света.

Поскольку требуются только минимальные доли синего и дальнего красного света (которые ниже соответствующих значений в дневном свете) и поскольку синий и дальний красный свет обычно дороже в получении по сравнению с красным светом, представленные системы, способы и контроллеры обеспечивают улучшения в энергетической эффективности путем динамического изменения спектра фотосинтетически активной радиации (то есть суммы добавочного света и дневного света), предоставляемой растениям, таким образом, чтобы обеспечивались эти

минимальные доли. При минимизации количества искусственно получаемого синего и дальнего красного света, на единицу потребляемой энергии при добавочном освещении получают больше красного света. Как отмечалось ранее, наиболее эффективно растениями при фотосинтезе используется красный свет, что означает, что повышенное количество красного света, получаемого на единицу потребляемой энергии, приводит к улучшениям урожая биомассы на единицу потребляемой энергии.

Термин «динамический», используемый в отношении к термину «изменение», может означать, что этапы изменения выполняются непрерывно на протяжении всего дня. В альтернативном аспекте этапы изменения могут выполняться через дискретные промежутки времени на протяжении всего дня, например, один раз, два раза или много раз на всем протяжении ежедневного цикла или через заданные промежутки времени в течение дня (например, каждые 30 с или 1, 5, 10, 15, 20, 30 или 60 минут). Следует понимать, что изменение через дискретные промежутки времени может быть предпочтительным, например, чтобы пользователи (такие как рабочие в теплице) не подвергались воздействию постоянных изменений выходного потока добавочного освещения при изменении погоды между облачностью и солнечной погодой на протяжении всего дня, в результате чего повышается комфорт пользователей. Этапы изменения выполняются контроллером, специально приспособленным для этого.

Источник дополнительного света может содержать источник красного света. Этот источник красного света может быть добавочным к дневному свету, но также может использоваться в отсутствие дневного света. Поэтому в одном аспекте источники дополнительного света содержат солнечный свет и источник красного света. Как отмечалось ранее, растениями во время фотосинтеза особенно хорошо используется красный свет. Дополнительно, светодиоды красного свечения обычно демонстрируют большие эффективности по сравнению со светодиодами синего и дальнего красного свечения (см. таблицу 1). Поэтому источник добавочного красного света может иметь полную мощность, когда используется добавочное освещение, или иначе говоря, выходной поток источника красного света может не изменяться. При условии, что доли суммарного синего и суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации, предоставляемой растениям, превышают соответствующие минимумы, предпочтительно обеспечивать растения избытком красного света. Однако, при желании можно использовать менее чем максимальную мощность. В одном аспекте количество красного света, предоставляемого растениям, можно изменять в соответствии с количеством дневного света. Когда количество дневного света, предоставляемого растениям, ниже (или прогнозируется ниже) предпочтительного количества фотосинтетически активной радиации, подлежащей предоставлению растениям, количество красного света можно повышать для компенсации меньшего количества дневного света.

Изменение выходных потоков источников синего и дальнего красного света может выполняться следующим образом. В частности, контроллер может быть выполнен с возможностью определения доли суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации на основе значений, соответствующих количеству синего света в фотосинтетически активной радиации и/или количеству дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации.

В предпочтительном аспекте «количество» света измеряется путем определения потока фотонов (в единицах числа фотонов на единицу площади поверхности в единицу времени). Кроме того, «количество» можно измерять путем определения интенсивности света (в единицах количества энергии на единицу площади поверхности в единицу

времени), хотя это менее предпочтительно. Как известно из предшествующего уровня техники, измерения этих двух видов являются взаимозаменяемыми.

Термин «доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации» может означать суммарный поток фотонов синего света, то есть попадающего в диапазон от 400 до 500 нм, выраженная в виде части суммарного потока фотонов фотосинтетически активной радиации. Аналогично, термин «доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации» может означать суммарный поток фотонов дальнего красного света, то есть попадающего в диапазон от 700 до 800 нм, выраженная в виде части суммарного потока фотонов фотосинтетически активной радиации. Суммарный поток фотонов фотосинтетически активной радиации предпочтительно измеряют в диапазоне от 400 до 700 нм.

Во-первых, можно определить количество фотосинтетически активной радиации, предоставляемой растению, и её доли синего света и дальнего красного света. Это определение можно выполнить путем измерения излучения (радиации). Измерение может быть выполнено любым средством, известным в уровне техники, например, датчиком света, таким как спектрорадиометр. Альтернативно, количество фотосинтетически активной радиации может быть определено на основе известных или оцененных переменных. Например, когда имеется только искусственный свет и нет дневного света, количество фотосинтетически активной радиации, предоставляемой растениям при использовании синего, красного и дальнего красного света, может быть определено на основе только известных выходных потоков каждого света. Дополнительно, количество дневного света, когда он имеется, можно оценивать на основе данных, таких как метеорологические данные. Однако предпочтительно измерять «количество» света непосредственно.

В одном аспекте можно предусмотреть по меньшей мере три отдельных датчика света, каждый из которых индивидуально выполнен с возможностью измерения излучений синего света, красного света и дальнего красного света, соответственно, в фотосинтетически активной радиации, предоставляемой растению. Альтернативно датчики света могут быть выполнены с возможностью измерения соответствующих уровней излучений синего света, красного света и дальнего красного света. Альтернативно датчик света может быть предусмотрен для измерения только количества дополнительного света, когда дополнительный свет является дневным светом. Соответствующие количества синего, красного и дальнего красного света в дневном свете можно оценивать, поскольку спектр дневного света в определенной степени известен и постоянен (см., например, спектр дневного света на фигуре 1). Соответствующие количества синего, красного и дальнего красного света, обеспечиваемые добавочным светом, также могут быть оценены (в зависимости от энергии, предусмотренной для добавочного света). Таким образом, при известности спектра дневного света, уровня дневного света, измеряемого датчиком света, и оценок соответствующих количеств синего, красного и дальнего красного света, обеспечиваемых добавочным светом, можно получить доли синего и дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации, предоставляемой растению.

Во-вторых, доля синего света и дальнего красного света вычисляется в виде части суммарной фотосинтетически активной радиации. Альтернативно доля синего света и дальнего красного света вычисляется в виде части света, попадающего в диапазон от 400 до 800 нм. Вычисление выполняется средством, известным в уровне техники. Контроллер может быть выполнен с возможностью вычисления долей.

В-третьих, выходные потоки источника синего света и источника дальнего красного

света изменяются так, чтобы доля синего света и доля дальнего красного света фотосинтетически активной радиации, предоставляемой растению, были больше минимальных долей синего и красного света, соответственно. Изменение выходных потоков источников света выполняет контроллер способом, известным в уровне техники.

5 Например, контроллер может содержать регулируемый переключатель, приспособленный для уменьшения или повышения яркости источников света по мере необходимости, например, путем изменения напряжения и/или тока, подаваемых на соответствующие источники света.

Для раскрытых систем, способов и контроллеров в качестве источника света
10 предпочтительно использовать светодиодные лампы. Поэтому каждый источник синего света, источник дальнего красного света и/или источник красного света можно обеспечить в виде светодиодной лампы. Однако следует понимать, что не светодиодные лампы, такие как люминесцентные лампы, можно также использовать с раскрытыми системами, способами и контроллерами, поскольку повышения урожая биомассы,
15 получаемые от таких систем, также будут наблюдаться в результате минимизации синего и дальнего красного света и максимизации красного света на единицу количества потребляемой энергии.

В настоящем раскрытии предлагается система оптимизации добавочного освещения, учитывающая эти факторы. Выходные потоки источников синего и/или дальнего
20 красного добавочного света изменяются динамически, так что во время дневного цикла фотосинтетически активная радиация (то есть добавочный и дневной свет или только добавочный, когда дневной свет отсутствует) содержит доли синего света и дальнего красного света, каждая из которых больше заданных минимумов. Кроме того, добавочное освещение может быть дополнительно оптимизировано при обеспечении
25 этих долей меньше заданных максимумов.

Все время в течение дня, когда добавочное освещение включено, выходные потоки источников синего и/или дальнего красного света изменяют так, чтобы доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации превышала определенное значение, которое может быть обозначено как f_C , а доля суммарного дальнего красного света в
30 фотосинтетически активной радиации превышала определенное значение, которое может быть обозначено как f_{DK} .

Выходные потоки источников синего и/или дальнего красного света, которые можно измерять в единицах потока фотонов, могут быть обозначены как F_C^{CD} и F_{DK}^{CD} ,
35 соответственно (CD означает светодиодное).

В одном аспекте, когда «фотосинтетически активная радиация» означает канал, определяемый фотосинтетически активной радиацией, то есть светом, попадающим в диапазон от 400 до 700 нм, доля синего и доля дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации (ФАР) могут быть определены как
40 $F_C^{Суммарная}/F_{ФАР}^{Суммарная}$ и $F_{DK}^{Суммарная}/F_{ФАР}^{Суммарная}$, соответственно.

В соответствии с этим аспектом настоящего раскрытия F_C^{CD} можно динамически изменять так, чтобы соблюдалось $f_C < F_C^{Суммарная}/F_{ФАР}^{Суммарная} < 27\%$. Точно так же
45 F_{DK}^{CD} можно динамически изменять так, чтобы соблюдалось $f_{DK} < F_{DK}^{Суммарная}/F_{ФАР}^{Суммарная} < 37\%$.

Таким образом, выходные потоки источников синего и дальнего красного света изменяются в зависимости от долей суммарного синего света и суммарного дальнего

красного света, соответственно, в фотосинтетически активной радиации.

Количество суммарного синего света и суммарного дальнего красного света, предоставляемых растению в фотосинтетически активной радиации, может быть минимизировано. Это можно осуществить изменением выходных потоков источников синего и/или дальнего красного света так, чтобы доля суммарного синего и/или суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации, предоставляемой растению, была по возможности близка к минимуму f_C и f_{DK} , соответственно.

Кроме того, максимальное значение долей суммарного синего и/или суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации может быть задано. Доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации может быть меньше первого максимума, а/или доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации может быть меньше второго максимума.

Доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации больше минимума f_C , который может составлять 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 11%, 12%, 13%, 14%, 15%, 16%, 17%, 18%, 19%, 20%, 21%, 22%, 23%, 24% или 25%. Предпочтительными значениями для минимума являются 5%, 7%, 9%, 12% или 15%. Наиболее предпочтительное значение составляет 15%. Доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации может быть меньше максимума, т.е. доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации не больше заданного максимума синего света. Максимум может быть 27%, что соответствует доле синего света, в среднем наблюдаемой в солнечном свете. При желании возможно обеспечение долей выше 27%. Возможны другие максимальные доли, такие как 16%, 18%, 19%, 21% или 22%. Предпочтительными значениями для максимумов являются 20%, 18% или 16%. Альтернативно максимум может соответствовать 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,5%; 1%; 2%; 3%; 4% или 5% пунктам выше минимума f_C . Например, когда f_C равно 15%, 3% пункта выше f_C соответствуют 18%.

Преимущества раскрытых систем, способов и контроллеров лучше всего реализуются, когда долю суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации изменяют так, чтобы она была как можно ближе к минимуму f_C , чтобы минимизировать потребление энергии.

Доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации больше минимума f_{DK} , который может составлять 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 11%, 12%, 13%, 14%, 15%, 16%, 17%, 18%, 19% или 20%. Предпочтительными значениями для минимума являются 4%, 6%, 8% или 10%. Наиболее предпочтительное значение составляет 10%. Доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации может быть меньше максимума, т.е. доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации не больше заданного максимума дальнего красного света. Максимум может быть 36%, что соответствует доле дальнего красного света, в среднем наблюдаемой в солнечном свете. При желании возможно обеспечение долей выше 36%. Возможны другие максимальные доли, такие как 13, 14, 15, 16 или 17%. Предпочтительными значениями для максимумов являются 15%, 13% или 11%. Альтернативно максимум может соответствовать 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,5%; 1%; 2%; 3%; 4% или 5% пунктам выше минимума f_{DK} . Например, когда f_{DK} равно 10% и максимум равен 3% пунктам выше f_{DK} , то максимум равен 13%.

Преимущества раскрытых систем, способов и контроллеров лучше всего реализуются,

когда долю суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации изменяют так, чтобы она была как можно ближе к минимуму $f_{ДК}$, чтобы минимизировать потребление энергии.

Преимущества раскрытых систем, способов и контроллеров лучше всего реализуются, когда минимальные значения суммарного синего и суммарного дальнего красного света, составляющие соответственно 15% и 10% фотосинтетически активной радиации, используются совместно. Однако возможны другие минимальные значения суммарного синего и суммарного дальнего красного света, такие как 13% f_C и 8% $f_{ДК}$, 14% f_C и 9% $f_{ДК}$, 16% f_C и 11% $f_{ДК}$, 17% f_C и 12% $f_{ДК}$; а также 18% f_C и 13% $f_{ДК}$.

Дополнительно, преимущества раскрытых систем, способов и контроллеров лучше всего реализуются, когда как доля суммарного синего света, так и доля дальнего красного света поддерживаются как можно ближе к f_C и $f_{ДК}$, что минимизирует потребление энергии. Например, преимущество может быть реализовано при использовании следующих пар максимумов для долей синего и дальнего красного света: 16% и 11%, 17% и 12%, 18% и 13%, 19% и 14%, 20% и 15%, соответственно.

В одном аспекте доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации может быть первой постоянной. Доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации может быть второй постоянной. Контроллер, выполненный с возможностью изменения выходного потока источника синего света и/или источника дальнего красного света, особенно хорошо подходит для обеспечения постоянных долей синего света и/или дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации, когда контроллер непрерывно изменяет соответствующие выходные потоки света. Благодаря гарантии отсутствия флуктуации соответствующих долей (и в частности, при отсутствии возрастания долей сверх необходимого значения) использование энергии минимизируется. Однако следует понимать, что на практике такое значение может проявлять небольшие флуктуации, вызванные, например, неточностями в датчике света и механизмах управления, шумом, запаздыванием системы и т.д. При таких небольших флуктуациях, составляющих, например, 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,5%; 1% или 1,5% пунктов в пределах постоянного значения, все еще обеспечиваются преимущества раскрытых систем, способов и контроллеров.

Таким образом, настоящее раскрытие обеспечивает комбинацию оптимального роста с минимальным потреблением энергии.

Следует понимать, что когда имеется такой достаточный дневной свет, что фотосинтетически активная радиация, предоставляемая растениям, содержит долю синего света, которая больше минимума f_C и/или долю дальнего красного света, которая больше минимума $f_{ДК}$, подача никакого использующего добавочный синий или дальний красный свет искусственного света может не требоваться. В этом случае синий и дальний красный свет могут быть выключены до тех, пока доли синего и дальнего красного света не станут ниже f_C и $f_{ДК}$.

В дополнительном аспекте настоящее раскрытие предлагает способ освещения растения при наличии дополнительного света, содержащий: подачу синего света; подачу дальнего красного света; объединение синего света, дальнего красного света и дополнительного света с обеспечением количества фотосинтетически активной радиации для освещения растения; и изменение синего света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее первого заданного минимума, и/или изменение дальнего красного света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля суммарного

дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее второго заданного минимума.

В дополнительном аспекте настоящее раскрытие предлагает способ освещения растения при наличии дополнительного света, содержащий: подачу синего света; подачу
 5 дальнего красного света; объединение синего света, дальнего красного света и дополнительного света с обеспечением количества фотосинтетически активной радиации для освещения растения; и (i) автоматическое изменение синего света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее первого заданного минимума,
 10 и/или (ii) автоматическое изменение дальнего красного света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее второго заданного минимума.

Термин «автоматически» может означать этапы изменения, выполняемые без участия человека. Например, механическое или электрическое устройство выполняют с
 15 возможностью осуществления этапов независимо от управления человеком. Для такого устройства могут требоваться некоторые входные данные от человека, когда устройство устанавливают или поддерживают в рабочем состоянии, но в остальных случаях оно способно функционировать без входных данных от человека. Такое механическое или электрическое устройство содержит контроллер, такой как контроллер по настоящему
 20 раскрытию.

В дополнительном аспекте доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации может быть первой постоянной, которая не меньше первого заданного минимума или не менее первого заданного минимума и не более 1% пункта
 25 сверх первого заданного минимума; и/или доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации может быть второй постоянной, которая не меньше второго заданного минимума или не менее второго заданного минимума и не более 1% пункта сверх второго заданного минимума.

Следует понимать, что вышеописанная система особенно пригодна для использования в способе освещения растения при наличии дополнительного света. Поэтому все аспекты
 30 системы могут быть включены в такой способ.

В дополнительном аспекте настоящее раскрытие предоставляет контроллер, предназначенный для использования со светильником, содержащим источник синего света и источник дальнего красного света, при этом контроллер содержит: первый
 35 сигнальный порт, предназначенный для приема значения, соответствующего доле суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации, и/или значения, соответствующего доле суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации, при этом синий свет, дальний красный свет и дополнительный свет объединяются с обеспечением фотосинтетически активной радиации; второй сигнальный порт, предназначенный для регулирования выходного потока источника синего света
 40 и/или выходного потока источника дальнего красного света; и считываемую компьютером программу, при выполнении которой изменяется (i) выходной поток источника синего света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее первого заданного минимума, и/или (ii) выходной поток источника дальнего красного
 45 света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее второго заданного минимума.

Контроллер может быть объединен с любой осветительной системой, содержащей

источники синего и дальнего красного света с индивидуально регулируемой яркостью. Например, осветительной системой, особенно пригодной для использования с раскрытыми системами, способами и контроллерами, являются трехканальные светодиодные светильники, предназначенные для выращивания плодовоовощных культур, с индивидуальными каналами регулирования яркости, называемые "Philips GreenPower research module", фирмы Philips, которые содержат индивидуально регулируемые каналы синего, красного и дальнего красного света.

В дополнительном аспекте настоящее раскрытие предоставляет считываемый компьютером носитель данных, содержащий имеющуюся на нем считываемую компьютером программу, при выполнении которой в системе согласно настоящему раскрытию осуществляется способ согласно настоящему раскрытию.

Другие изменения в раскрытые варианты осуществления могут быть осознаны и выполнены специалистами в данной области техники при реализации заявленного изобретения на практике, из изучения чертежей, раскрытия и прилагаемой формулы изобретения. В формуле изобретения слово «содержащий» не исключает других элементов или этапов, а признак единственного числа не исключает множества. Единственный процессор или другой блок может выполнять функции нескольких элементов, перечисленных в формуле изобретения. Тот факт, что некоторые меры перечислены во взаимно различных зависимых пунктах формулы изобретения, не означает, что не может быть использована с преимуществом совокупность этих мер. Компьютерная программа может храниться и/или распространяться на подходящем носителе данных, таком как оптический носитель данных или твердотельный носитель, вместе с другим аппаратным обеспечением или как его часть, но также может распространяться в других видах, таких как через Интернет или другие проводные или беспроводные телекоммуникационные системы. Любые ссылочные позиции в формуле изобретения не следует толковать как ограничивающие объем.

Изобретение можно лучше понять при рассмотрении следующего неограничивающего примера.

Пример

Следующий пример основан на ситуации в типичной теплице в солнечный зимний день в Нидерландах. Восход солнца и заход солнца происходят приблизительно в 6 часов до полудня и в 6 часов после полудня, соответственно.

Установка добавочного освещения способна обеспечивать максимальный уровень 15 мкмоль/м²с синего света, максимальный уровень 85 мкмоль/м²с красного света и максимальный уровень 10 мкмоль/м²с красного дальнего света. Каналы синего и дальнего красного света могут регулироваться по яркость.

Добавочное освещение для каждого светового канала, предоставляемое растениям в течение этого типичного дня, показано на фигуре 2. Добавочное освещение включалось в 4 часа до полудня и выключалось в 10 часов после полудня (за исключением канала дальнего красного света, который выключался в 11 часов до полудня). Вместо внезапного выключения освещения производилось постепенное выключение освещения при обеспечении 1-го лишнего часа только дальнего красного света в конце дня.

Минимальные доли f_C и f_{DK} , основанные на суммарной фотосинтетически активной радиации, составляют 15% и 10%, соответственно. Установку настраивали на изменение выходных потоков синего и дальнего красного света до минимизации долей синего и дальнего красного света до 15% и 10%, соответственно.

Канал красного света включается на полную мощность в течение всего светового

периода для гарантии удовлетворения потребности растений в фотосинтетически активной радиации в течение дня. Каналы синего и дальнего красного света включаются на полную мощность, когда составляющая дневного света отсутствует (то есть от 4 часов до полудня до примерно 6 часов до полудня и от примерно 6 часов после полудня до 10 часов после полудня), тем самым обеспечивая соответствие минимальным значениям f_C и f_{DK} .

Как только солнце поднимается и начинается вклад дневного света в фотосинтетически активную радиацию, в каналах синего и дальнего красного света уменьшают яркость с целью энергосбережения, но всегда обеспечивая соответствие ограничивающим условиям для f_C и f_{DK} . Начиная с примерно 7 или 8 часов до полудня дневной свет обеспечивает достаточно синего и дальнего красного света для удовлетворения минимальных условий для f_C и f_{DK} . Следовательно, больше нет необходимости в подаче добавочного синего и дальнего красного света и поэтому каналы синего и дальнего красного света выключаются.

Обратное происходит в конце дня, когда вклады синего и дальнего красного света из дневного света уменьшаются и это падение компенсируют искусственным освещением из каналов синего и дальнего красного света для гарантии соблюдения условий для f_C и f_{DK} .

Что касается экспериментальных результатов, показанных на фигуре 3, то опять рассматривается типичный случай добавочного освещения теплицы на основе каналов синего, красного и дальнего красного света, обеспечиваемого светодиодами с длинами волн и эффективностями, перечисленными в таблице 1. С целью продемонстрировать, что синий свет и дальний красный свет относительно неэффективны при влиянии на рост по сравнению с красным светом, авторы изобретения количественно оценили ожидаемую эффективность роста при двух сценариях. Результаты показаны на фигуре 3. Эффективность роста выражена как количество свежей биомассы, получаемой на киловатт энергии, потребляемой добавочным освещением.

В одном сценарии (сплошная линия) доля f_C синего света изменяется, тогда как доля f_{DK} дальнего красного света поддерживается постоянной на уровне 10%. В этом случае изменение доли синего света подразумевает равное, но противоположное изменение доли f_K красного света, чтобы сумма долей синего, красного и дальнего красного света была равна 100%. Во втором сценарии (пунктирная линия) доля дальнего красного света изменяется, тогда как доля синего света поддерживается постоянной на уровне 15%. Изменение доли дальнего красного света подразумевает равное, но противоположное изменение доли красного света, чтобы сумма долей синего, красного и дальнего красного света была равна 100%. Оба сценария показывают, что на эффективность роста отрицательно влияет (то есть снижает ее) повышение доли синего света или доли дальнего красного света. Основные причины этого заключаются в том, что (i) в соответствии с кривой МакКри красный свет более эффективен для фотосинтеза по сравнению с синим и дальним красным светом (сравните с фигурой 1) и (ii) в соответствии с таблицей 1 эффективности светодиодов, излучающих синий или дальний красный свет, ниже эффективностей светодиодов, излучающих красный свет.

(57) Формула изобретения

1. Система для освещения растения при наличии источника дополнительного света, содержащая:

источник дальнего красного света; и

контроллер, выполненный с возможностью изменения выходного потока источника дальнего красного света, при этом выходные потоки источника дальнего красного света и источника дополнительного света объединяются с обеспечением количества фотосинтетически активной радиации для освещения растения, при этом контроллер
 5 выполнен с возможностью изменения выходного потока источника дальнего красного света так, чтобы по мере изменения выходного потока источника дополнительного света доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее заданного минимума дальнего красного света.

2. Система по п. 1, в которой контроллер дополнительно выполнен с возможностью
 10 изменения выходного потока источника дальнего красного света так, чтобы по мере изменения выходного потока источника дополнительного света доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации составляла не более заданного максимума дальнего красного света.

3. Система по п.1 или 2, в которой заданный минимум дальнего красного света
 15 составляет 4%, предпочтительно 6%, более предпочтительно 8% и наиболее предпочтительно 10%.

4. Система по п.2 или 3, в которой максимум дальнего красного света составляет 36%, предпочтительно 15%, более предпочтительно 13% и наиболее предпочтительно 11%.

5. Система по любому из предшествующих пунктов, дополнительно содержащая источник синего света и контроллер, выполненный с возможностью изменения
 20 выходного потока источника синего света, при этом выходные потоки источника синего света, источника дальнего красного света и источника дополнительного света объединяются с обеспечением количества фотосинтетически активной радиации для освещения растения, при этом контроллер дополнительно выполнен с возможностью
 25 изменения выходного потока источника синего света так, чтобы по мере изменения выходного потока источника дополнительного света доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее заданного минимума синего света.

6. Система по п.5, в которой контроллер дополнительно выполнен с возможностью
 30 изменения выходного потока источника синего света так, чтобы по мере изменения выходного потока источника дополнительного света доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации составляла не более заданного максимума синего света.

7. Система по любому из пп. 5-6, в которой заданный минимум синего света
 35 составляет 5%, предпочтительно 7%, более предпочтительно 9%, более предпочтительно 12% и наиболее предпочтительно 15%.

8. Система по любому из пп. 6-7, в которой максимум синего света составляет 27%,
 40 предпочтительно 20%, более предпочтительно 18% и наиболее предпочтительно 16%.

9. Система по любому из предшествующих пунктов, дополнительно содержащая датчик света для измерения количества суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации, количества суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации и/или количества фотосинтетически активной радиации, при этом датчик света выполнен с возможностью измерения:

45 количества суммарного синего света, попадающего в диапазон от 400 до 500 нм, количества суммарного дальнего красного света, попадающего в диапазон от 700 до 800 нм, и/или

количества фотосинтетически активной радиации, попадающей в диапазон от 400

до 700 нм.

10. Система по любому предшествующему пункту, в которой источник дополнительного света содержит солнечный свет и необязательно источник красного света.

11. Система по любому из пп. 5-10, в которой каждый из источника синего света, источника дальнего красного света и/или источника красного света содержит светодиодную лампу, при этом

выходной поток источника синего света имеет спектр с пиковой длиной волны в диапазоне от 400 до 500 нм,

выходной поток источника дальнего красного света имеет спектр с пиковой длиной волны в диапазоне от 700 до 800 нм, и/или

источник красного света имеет выходной поток, имеющий спектр с пиковой длиной волны в диапазоне от 600 до 700 нм.

12. Способ освещения растения при наличии дополнительного света, содержащий: подачу дальнего красного света;

объединение дальнего красного света и дополнительного света с обеспечением количества фотосинтетически активной радиации для освещения растения; и

автоматическое изменение дальнего красного света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее заданного минимума дальнего красного света.

13. Способ по п. 12, дополнительно содержащий:

подачу синего света;

объединение синего света, дальнего красного света и дополнительного света с обеспечением количества фотосинтетически активной радиации для освещения растения;

и

автоматическое изменение синего света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее заданного минимума синего света.

14. Контроллер, предназначенный для использования со светильником, содержащим источник синего света и источник красного света, при этом контроллер содержит:

первый сигнальный порт, предназначенный для приема значения, соответствующего доле суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации, и/или значения, соответствующего доле суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации, при этом синий свет, дальний красный свет и дополнительный свет объединяются с обеспечением фотосинтетически активной радиации;

второй сигнальный порт, предназначенный для управления выходным потоком источника синего света и/или выходным потоком источника дальнего красного света;

и

считываемую компьютером программу, которая при её выполнении изменяет:

(i) выходной поток источника синего света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля суммарного синего света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее заданного минимума синего света, и

(ii) выходной поток источника дальнего красного света так, чтобы по мере изменения дополнительного света доля суммарного дальнего красного света в фотосинтетически активной радиации составляла не менее заданного минимума дальнего красного света.

15. Считываемый компьютером носитель данных, содержащий имеющуюся на нем считываемую компьютером программу, которая при её выполнении в системе по любому из пп. 1-11 осуществляет способ по п.12 или при её выполнении в системе по

любому из пп. 5-11 осуществляет способ по п.13.

5

10

15

20

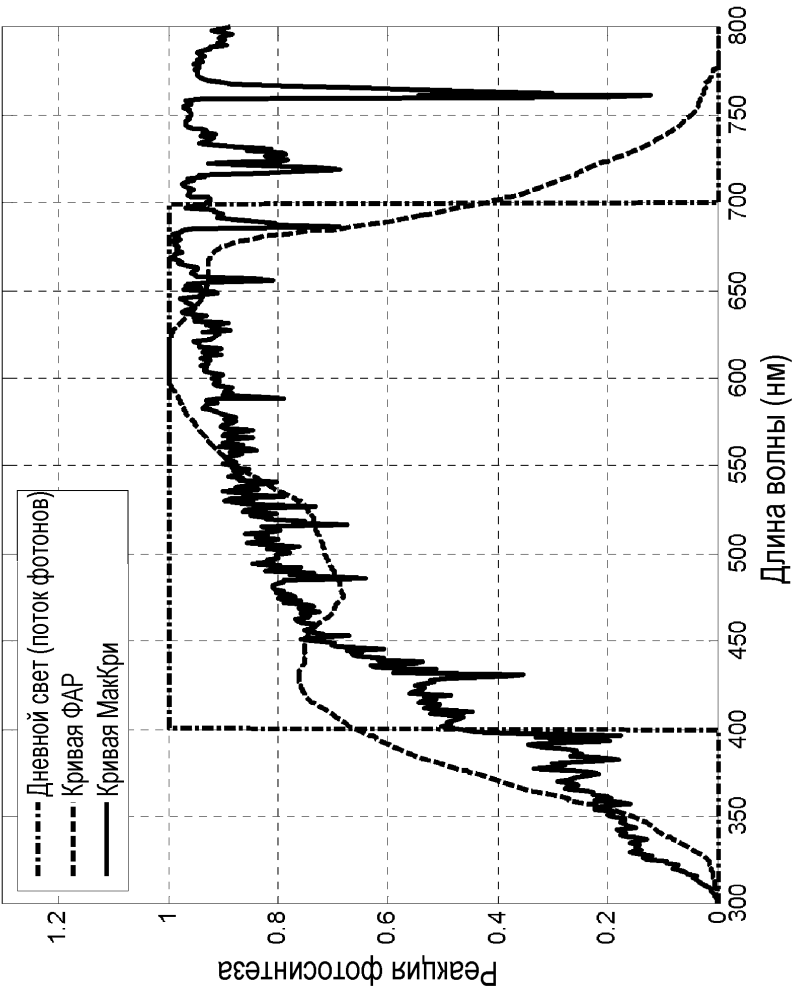
25

30

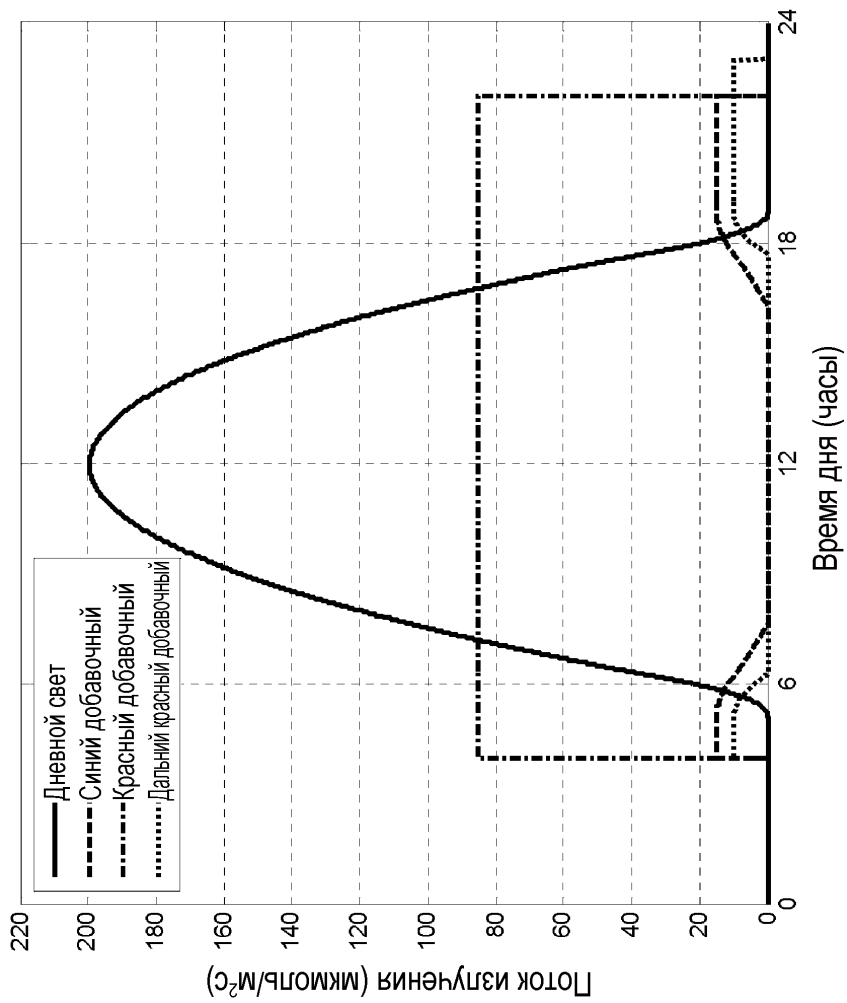
35

40

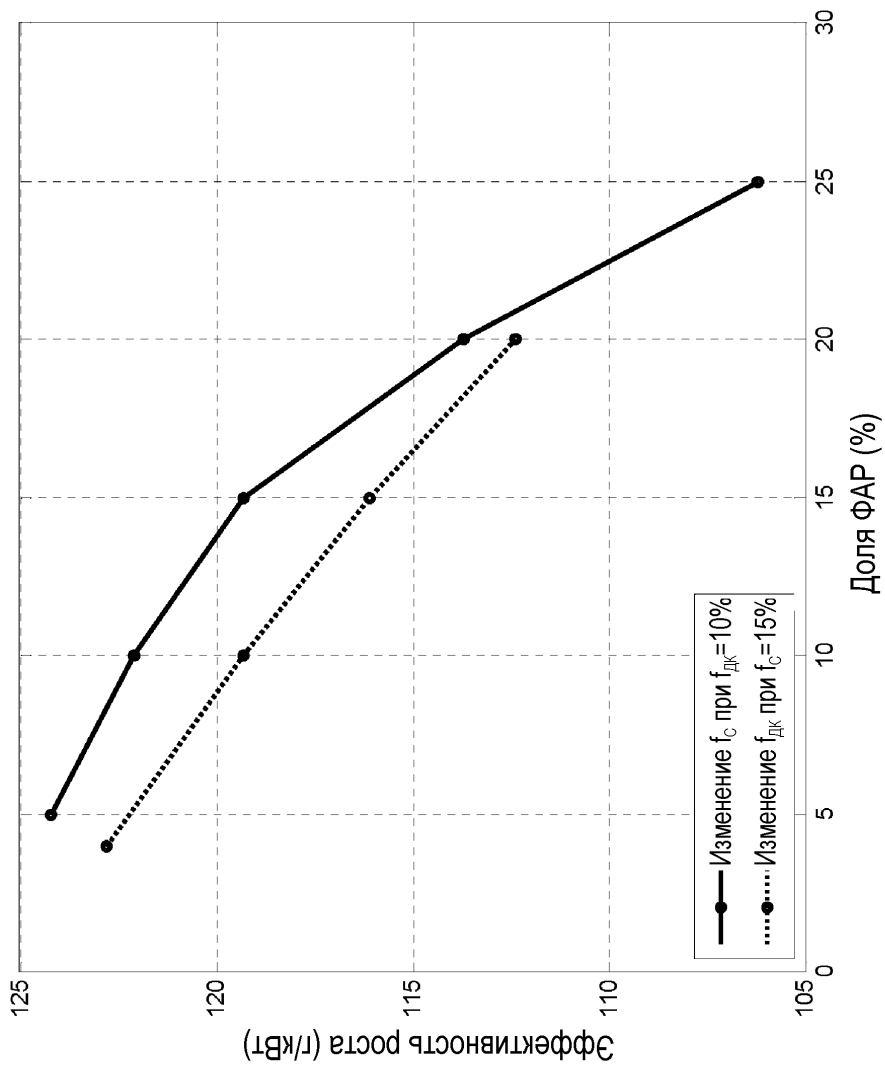
45



ФИГ. 1



ФИГ. 2



ФИГ. 3