(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 707 148**

(51) Int. Cl.:

F21K 99/00	(2006.01)
A01G 7/04	(2006.01)
H01L 33/30	(2010.01)
H05B 33/08	(2006.01)
H01L 25/075	(2006.01)
H01L 33/50	(2010.01)
H01L 33/60	(2010.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.09.2010** **E 15158427 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2018** **EP 2963333**

(54) Título: **Conjunto de iluminación LED hortícola**

(30) Prioridad:

18.09.2009 FI 20095967
18.09.2009 US 243613 P
09.06.2010 US 797215

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.04.2019

(73) Titular/es:

VALOYA OY (100.0%)
Lauttasaarentie 54 A 3. krs
00200 Helsinki , FI

(72) Inventor/es:

AIKALA, LARS

(74) Agente/Representante:

CAMPELLO ESTEBARANZ, Reyes

ES 2 707 148 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Conjunto de iluminación LED hortícola

Antecedentes de la invención

Campo

La presente divulgación se refiere al uso de LED en aplicaciones de iluminación hortícola. En particular, la presente divulgación se refiere a un accesorio de iluminación para facilitar el crecimiento de plantas que comprende al menos un diodo emisor de luz (LED) que tiene características espectrales que incluyen un pico en el intervalo de longitud de onda de 600 a 700 nm. La presente divulgación también se refiere a componentes de emisión de luz novedosos que son particularmente adecuados para facilitar el crecimiento de plantas y que comprenden un chip semiconductor compuesto de emisión de luz.

Descripción de la técnica relacionada

En la Tierra el sol es la fuente principal de radiación electromagnética visible (es decir, luz) e invisible y el principal factor responsable de la existencia de vida. La energía solar neta diaria promedio que alcanza la Tierra es aproximadamente 28 10 x 23 J (es decir, 265 EBtu) [1]. Este valor es 5500 veces superior que el consumo de energía principal anual mundial, estimado en 2007, que es de 479 PBtu [1]. La distribución espectral de la radiación del sol, como puede medirse en la superficie de la Tierra, tiene una banda de longitud de onda amplia de entre aproximadamente 300 nm y 1000 nm [1].

Sin embargo, únicamente el 50% de la radiación que alcanza la superficie es radiación fotosintéticamente activa (PAR) [1]. La PAR, de acuerdo con las recomendaciones de la CIE (Comisión Internacional de la Iluminación) comprende la región de longitud de onda de entre 400 nm y 700 nm del espectro electromagnético [1]. Las leyes de la fotoquímica pueden expresar en general la manera en la que las plantas recolectan radiación. El carácter dual de la radiación hace que se comporte como una onda electromagnética cuando se propaga en el espacio y como partículas (es decir, fotón o cuanto de energía radiante) cuando interactúa con la materia [1]. Los fotorreceptores son los elementos activos que existen principalmente en las hojas de la planta responsables de la captura de fotones y la conversión de su energía en energía química [1].

Debido a la naturaleza fotoquímica de la fotosíntesis, la tasa fotosintética, que representa la cantidad de desprendimiento de O2 o la cantidad de fijación de CO2 por unidad de tiempo, se correlaciona bien con el número de fotones que caen por unidad de área por segundo en una superficie foliar [1]. Por lo tanto, las cantidades recomendadas para la PAR están basadas en el sistema cuántico y se expresan usando el número de moles (mol) o micromoles (μmol) de fotones [1]. El término recomendado para informar y cuantificar mediciones instantáneas de PAR es la densidad de flujo de fotones fotosintético (PPFD), y se expresa típicamente en μmoles/m^2/s [1]. Esto proporciona el número de moles de fotones que caen en una superficie por unidad de área por unidad de tiempo [1]. El término flujo de fotones fotosintético (PPF) se usa también frecuentemente para referirse a la misma cantidad [1].

Los fotorreceptores que existen en organismos vivos, tales como plantas, usan la energía radiante capturada para mediar procedimientos biológicos importantes [1]. Esta mediación o interacción puede tener lugar en una diversidad de formas [1]. La fotosíntesis junto con el fotoperiodismo, fototropismo y fotomorfogénesis, son los cuatro procesos representativos relacionados con la interacción entre la radiación y las plantas [1]. La siguiente expresión muestra la ecuación química simplificada de la fotosíntesis [1]:

$$6\ H_2O + 6\ CO_2(+\text{ energía de fotón}) \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$$

Como se verá a partir de la ecuación, los carbohidratos, tales como glucosa de azúcar ($C_6H_{12}O_6$), y oxígeno (O_2), son los productos principales del proceso de la fotosíntesis [1]. Estos se sintetizan a partir de dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O) usando la energía de los fotones aprovechada usando fotorreceptores especializados, tales como clorofilas, y convirtiéndola en energía química [1].

A través de la fotosíntesis, la energía radiante se usa también como la fuente principal de energía química, que es importante para el crecimiento y el desarrollo de las plantas [1]. Naturalmente, el equilibrio de los reactivos de entrada-salida de la ecuación también depende de la cantidad (es decir, número de fotones) y de la calidad (es decir, energía de los fotones) de la energía radiante y, en consecuencia, también de la biomasa producida de las

plantas [1]. El "fotoperiodismo" se refiere a la capacidad que tienen las plantas para detectar y medir la periodicidad de la radiación, el fototropismo al movimiento de crecimiento de las plantas hacia y lejos de la radiación, y la fotomorfogénesis al cambio en forma en respuesta a la calidad y cantidad de radiación [1].

Los espectros de absorción típicos de los fotorreceptores fotosintéticos y fotomorfogenéticos más comunes, tales como la clorofila a, clorofila b y betacaroteno, y las dos formas interconvertibles de fitocromos (Pfr y Pr) se presentan en la Figura 1 [1].

Las respuestas fotomorfogenéticas, al contrario de la fotosíntesis, pueden conseguirse con cantidades de luz extremadamente bajas [1]. Los diferentes tipos de fotorreceptores fotosintéticos y fotomorfogenéticos pueden agruparse en al menos tres fotosistemas conocidos: fotosintético, fitocromo y criptocromo o azul/UV-A (ultravioleta A) [1].

En el fotosistema fotosintético, los pigmentos existentes son clorofilas y carotenoides [1]. Las clorofilas están localizadas en los tilacoides de los cloroplastos localizados en las células mesófilas foliares de las plantas [1]. La cantidad o la energía de la radiación es el aspecto más significativo, puesto que la actividad de esos pigmentos está estrechamente relacionada con la recolección de luz [1]. Los dos picos de absorción más importantes de clorofila están localizados en las regiones del rojo y del azul de 625 a 675 nm y de 425 a 475 nm, respectivamente [1]. Adicionalmente, existen también otros picos localizados en el UV cercano (300-400 nm) y en la región del rojo lejano (700-800 nm) [1]. Los carotenoides, tales como las xantófilas y carotenos, están localizados en los orgánulos plástidos de los cromoplastos en células de las plantas y se absorben principalmente en la región del azul [1].

El fotosistema fitocromo incluye las dos formas interconvertibles de fitocromos, Pr y Pfr, que tienen sus picos de sensibilidad en el rojo a 660 nm y en el rojo lejano a 730 nm, respectivamente [1]. Las respuestas fotomorfogenéticas mediadas por los fitocromos están normalmente relacionadas con la detección de la calidad de luz a través de la relación de rojo (R) a rojo lejano (FR) (R/FR) [1]. La importancia de los fitocromos puede evaluarse mediante las diferentes respuestas fisiológicas donde estén implicados, tales como expansión foliar, percepción de vecinos, evitación de sombras, alargamiento de tallo, germinación de semillas e inducción de floración [1]. Aunque la respuesta de evitación de sombras se controla normalmente mediante los fitocromos a través de la detección de la relación de R/FR, la luz azul y el nivel de la PAR están también implicados en las respuestas morfológicas adaptivas relacionadas [1].

Los fotorreceptores sensibles al azul y al UV-A (ultravioleta A) se encuentran en el fotosistema criptocromo [1]. Los pigmentos de absorción de luz azul incluyen tanto criptocromos como fototropinas [1]. Están implicados en varias tareas diferentes, tales como monitorizar la calidad, cantidad, dirección y periodicidad de la luz [1]. Los diferentes grupos de fotorreceptores sensibles al azul y al UV-A median respuestas morfológicas importantes tales como el ritmo endógeno, orientación de órganos, alargamiento de tallo y apertura de los estomas, germinación, expansión foliar, crecimiento de la raíz y fototropismo [1]. Las fototropinas regulan el contenido pigmentario y la situación de los órganos y orgánulos fotosintéticos para optimizar la recolección de luz y la fotoinhibición [1]. Como con la exposición a radiación de rojo lejano continua, la luz azul también promueve la floración a través de la mediación de los fotorreceptores criptocromos [1]. Además, los fotorreceptores sensibles a la luz azul (por ejemplo, flavinas y carotenoides) son sensibles también a la radiación de ultravioleta cercano, donde puede encontrarse un pico de sensibilidad localizado a aproximadamente 370 nm [1]. Los criptocromos no son únicamente comunes a todas las especies de plantas. Los criptocromos median una diversidad de respuestas de luz, incluyendo la incorporación de los ritmos circadianos en las plantas de floración tales como Arabidopsis [1]. Aunque la radiación de las longitudes de onda por debajo de 300 nm puede ser altamente perjudicial para los enlaces químicos de las moléculas y para la estructura del ADN, las plantas también absorben radiación en esta región [1]. La calidad de radiación en la región de PAR puede ser importante para reducir los efectos destructivos de la radiación UV [1]. Estos fotorreceptores son los más investigados y, por lo tanto, su papel en el control de la fotosíntesis y el crecimiento se conoce razonablemente bien [1]. Sin embargo, existen pruebas de la existencia de otros fotorreceptores, cuya actividad puede tener un papel importante en la mediación de respuestas fisiológicas importantes en la planta [1]. Adicionalmente, la interacción y la naturaleza de la interdependencia entre ciertos grupos de receptores no se entienden bien [1].

La fotosíntesis es quizás uno de los procesos bioquímicos más antiguos, más conocidos y más importantes en el mundo [1]. El uso de luz artificial para sustituir o compensar la baja disponibilidad de luz diurna es una práctica común, especialmente en los países del norte durante la estación de invierno, para la producción de verduras y cultivos ornamentales [1].

El momento de la iluminación eléctrica artificial empezó con el desarrollo por Thomas Edison en 1879 de la bombilla de Edison, comúnmente conocido hoy como la lámpara incandescente [1]. Debido a su característica térmica, la incandescencia está caracterizada por una gran cantidad de emisión de rojo lejano, que puede alcanzar aproximadamente el 60% de la PAR total [1]. A pesar de los desarrollos que han tenido lugar durante más de un siglo, la eficacia eléctrica de las lámparas incandescentes, dada mediante la eficacia de conversión entre la energía eléctrica consumida (entrada) y energía óptica emitida (salida) en la región espectral visible, es aún muy pobre [1]. Típicamente es aproximadamente del 10%. Las fuentes de luz incandescentes sufren también de bajos rendimientos de vida útil, típicamente la vida útil no es mayor de 1000 horas. En aplicaciones de crecimiento de plantas su uso es limitado.

El crecimiento de plantas ornamentales es una de las aplicaciones donde las lámparas incandescentes pueden usarse aún [1]. La iniciación floral puede conseguirse con especies que responden a largas jornadas usando exposición durante la noche a bajas tasas de fluencia de fotones usando lámparas incandescentes [1]. La alta cantidad de radiación de rojo lejano emitida se usa para controlar las respuestas fotomorfogenéticas a través de toda la mediación de los fitocromos [1].

Las lámparas fluorescentes se utilizan más comúnmente en aplicaciones de crecimiento de plantas que las lámparas incandescentes [1]. La conversión de energía electro-óptica es más eficaz en comparación con las lámparas incandescentes [1]. Las lámparas fluorescentes de tipo tubular pueden conseguir valores de eficacia eléctrica de típicamente aproximadamente el 20% al 30%, donde más del 90% de los fotones emitidos están dentro de la región de PAR con periodos de vida útil de aproximadamente 10000 horas. Sin embargo, las lámparas fluorescentes de larga vida útil especialmente diseñadas pueden alcanzar una vida útil de entre 30000 horas. Además de su eficacia de energía y vida útil razonables, otra ventaja de las lámparas fluorescentes en el crecimiento de plantas es la cantidad de radiación azul emitida. Esta puede alcanzar más del 10% de la emisión de fotones total dentro de la PAR, dependiendo de la temperatura de color correlacionada (CCT) de la lámpara [1]. Por esta razón, las lámparas fluorescentes se usan frecuentemente para sustitución total de la radiación de luz diurna natural en salas y cámaras de crecimiento cerrado [1]. La radiación luz emitida es indispensable para lograr una morfología equilibrada de la mayoría de las plantas de cultivo a través de la mediación de la familia de fotorreceptores criptocromo [1].

Las lámparas de haluros de metal pertenecen al grupo de lámparas de descarga de alta intensidad [1]. La emisión de radiación visible está basada en el efecto luminiscente [1]. La inclusión de haluros de metal durante la fabricación permite hasta cierto punto la optimización de la calidad espectral de la radiación emitida [1]. Pueden usarse lámparas de haluros de metal en el crecimiento de plantas para reemplazar totalmente la luz diurna o para complementarla parcialmente durante el periodo de menor disponibilidad [1]. La alta salida de PAR por lámpara, el porcentaje relativamente alto de radiación azul de aproximadamente el 20% y la eficacia eléctrica de aproximadamente el 25%, hace que las lámparas de haluros de metal sean una opción para los cultivos durante todo el año [1]. Sus tiempos operativos son típicamente de 5.000 a 6.000 horas. La lámpara de sodio de alta presión (HPS) ha sido la fuente de luz preferida para la producción de cultivos durante todo el año en invernaderos [1]. Las principales razones han sido la alta emisión radiante, bajo precio, larga vida útil, alta emisión de PAR y alta eficacia eléctrica [1]. Estos factores han permitido el uso de lámparas de sodio de alta presión como fuentes de iluminación complementarias que soportan el crecimiento de verduras de una manera rentable durante el invierno en latitudes del norte [1].

Sin embargo, la calidad espectral en las lámparas de HPS no es óptima para promover la fotosíntesis y la fotomorfogénesis, dando como resultado alargamiento foliar y de tallo excesivo [1]. Esto es debido a la emisión espectral desequilibrada en relación con los picos de absorción de pigmentos fotosintéticos importantes tales como clorofila a, clorofila b y betacaroteno [1]. La baja relación de R/FR y la baja emisión de luz azul en comparación con otras fuentes inducen el alargamiento de tallo excesivo en la mayoría de los cultivos que crecen bajo iluminación de HPS [1]. Las eficacias eléctricas de las lámparas de sodio de alta presión están típicamente entre el 30% y el 40%, que las hace las fuentes de luz más eficaces de energía usadas hoy en día en el crecimiento de plantas [1]. Aproximadamente el 40% de la energía de entrada se convierte en fotones dentro de la región de PAR y casi del 25% al 30% en el rojo lejano y en el infrarrojo [1]. Los tiempos operativos de las lámparas de sodio de alta presión están en el intervalo de aproximadamente 10.000 a 24.000 horas [1].

La baja disponibilidad de luz diurna en latitudes del norte y la demanda de los consumidores de productos hortícolas de calidad a precios asequibles durante todo el año establece demandas de nuevas tecnologías de iluminación y biológicas [1]. También los rendimientos de producción pueden aumentarse significativamente de manera global si la luz diurna está disponible hasta 20 a 24 horas al día. Por lo tanto, son necesarios enfoques que puedan reducir los costes de producción, aumentar los rendimientos y la calidad de los cultivos [1]. La iluminación es simplemente uno

de los aspectos implicados que pueden optimizarse [1]. Sin embargo, su importancia no puede subestimarse [1]. El aumento en los precios de la electricidad y la necesidad de reducir las emisiones de CO2 son razones adicionales para hacer uso eficaz de la energía [1]. En la producción de cultivos durante todo el año en invernaderos, la contribución del coste de electricidad para costes generales puede alcanzar en algunos cultivos aproximadamente el 30% [1].

Aunque las fuentes de luz existentes comúnmente usadas para crecimiento de plantas pueden tener eficacias eléctricas cercanas al 40%, la eficacia del sistema global (es decir, incluyendo pérdidas en excitadores, reflectores y óptica) puede ser significativamente inferior [1]. La calidad espectral de la radiación desempeña un papel importante en el crecimiento saludable del cultivo [1]. Las fuentes de luz convencionales no pueden controlarse espectralmente durante su utilización sin la utilización ineficaz y limitada de filtros adicionales [1]. Además, el control de la cantidad de radiación está también limitado, reduciendo la posibilitad de regímenes de iluminación versátiles tales como la operación pulsada [1].

Por lo tanto, y por razones en relación con los aspectos descritos previamente, el diodo emisor de luz y la iluminación de estado sólido (SSL) relacionada han surgido como herramientas potencialmente viables y prometedoras para usarse en iluminación hortícola [1]. La eficacia cuántica interna de los LED es una medida para el porcentaje de fotones generados mediante cada electrón inyectado en la región activa. De hecho, los mejores HB-LED AlInGaP de rojo y AlInGaN de verde y de azul pueden tener eficacias cuánticas internas mejores del 50% [1]; aún siguen existiendo desafíos para extraer toda la luz generada fuera del dispositivo semiconductor y el accesorio de luz.

En la iluminación hortícola las ventajas prácticas principales de las fuentes de luz basadas en LED en relación con las fuentes de luz convencionales son la direccionalidad y la capacidad de control completa de la radiación emitida [1]. Los LED no requieren necesariamente reflectores, ya que son emisores naturalmente semi-isotrópicos [1]. Los LED como emisores direccionales evitan la mayoría de las pérdidas asociadas con la óptica [1]. Adicionalmente, la característica de ancho de banda espectral estrecho de los LED con color es otra ventaja importante en relación con las fuentes de luz de banda de onda amplia [1]. La principal ventaja de usar LED como fuentes de radiación fotosintética es resultado de la posibilidad de seleccionar la emisión de longitud de onda pico que coincida más estrechamente con el pico de absorción de un fotorreceptor seleccionado [1]. De hecho, esta posibilidad les proporciona ventajas adicionales [1]. El uso eficaz de la energía radiante mediante el fotorreceptor en la mediación de una respuesta fisiológica de la planta es una de las ventajas [1]. Otra ventaja es la capacidad de control de la respuesta controlando completamente la intensidad de radiación [1].

Las ventajas mencionadas previamente pueden extenderse adicionalmente al nivel de la luminaria [1]. Una solución podría ser incluir LED con diferentes picos de emisión en una luminaria y controlarlos para proporcionar una emisión espectral deseable para lograr un resultado de crecimiento determinado o una respuesta fisiológica [1]. De esta manera, el sistema de iluminación permitiría un control versátil de la intensidad y el espectro de iluminación [1]. Por último, el control de otros parámetros abióticos tal como la concentración de CO_2, la temperatura, la disponibilidad de luz diurna y la humedad podrían integrarse dentro del mismo sistema de control junto con la iluminación, optimizando la productividad del cultivo y la gestión general del invernadero [1]. El inventor conoce una luminaria con un LED azul y un LED rojo. La emisión espectral de los LED AlInGaN con color actualmente está disponible desde el UV en la región del verde del espectro visible [1]. Estos dispositivos pueden emitir en la región del azul y del UV-A donde se localizan los picos de absorción de los criptocromos y los carotenoides [1].

La clorofila a y la forma isomérica roja de los fitocromos (Pr) tienen un fuerte pico de absorción localizado aproximadamente a 660 nm [1]. Los LED AlGaAs emiten en la misma región pero, de manera parcial debido a la baja demanda del mercado y la tecnología de producción obsoleta, son dispositivos caros si se comparan con LED basados en fosfuro o incluso en nitruro [1]. Los LED AlGaAs pueden usarse también para controlar la forma del rojo lejano de los fitocromos (Pfr), que tienen un pico de absorción importante a 730 nm [1].

Los LED AlInGaP se basan en tecnología de material bien establecida con el rendimiento óptico y eléctrico relativamente alto [1]. Típicamente, la región de emisión espectral característica de los LED de rojo AlInGaP cubre la región donde la clorofila b tiene su pico de absorción, aproximadamente a 640 nm [1]. Por lo tanto, los LED AlInGaP son útiles también en promover la fotosíntesis [1].

Los LED de alto brillo comerciales novedosos no son adecuados para cultivo de invernadero ya que su pico de emisión principal se encuentra en el intervalo de las longitudes de onda del verde que se extienden de 500 a 600 nm y, por lo tanto, no responden al procedimiento de la fotosíntesis. Sin embargo, en principio, de acuerdo con la

técnica puede construirse una luz LED a la que responde la fotosíntesis combinando diversos tipos de LED semiconductores tales como AlInGaP y AlInGaN, para colores de rojo y de azul.

Existe un número de problemas relacionados con la combinación de LED con color de manera individual. Por lo tanto, diferentes tipos de dispositivos semiconductores envejecerán a diferentes velocidades y por esta razón la relación de color de rojo a color de azul variará con el tiempo, dando como resultado adicionalmente anomalías en un proceso de crecimiento de plantas. Un segundo problema importante es que los LED de color único individuales tienen cobertura espectral relativamente estrecha, típicamente menos de 25 nm, que es insuficiente para proporcionar buena eficacia de la fotosíntesis sin utilizar muy alto número de diferentes LED de color e individuales y causar un alto coste de la implementación.

Se conoce a partir de los documentos EP 2056364 A1 y US 2009/0231832 que un número mejorado de colores puede generarse a partir de LED usando materiales de conversión de longitud de onda, tales como fósforo, para volver a emitir diferentes colores de luz. Supuestamente, pueden usarse los diferentes colores que replican la luz del sol para tratar la depresión o la enfermedad estacional de acuerdo con el documento US 2009/0231832. Estos documentos se citan aquí por referencia.

Estas luces tienen muchas desventajas, incluso si se usaran como luces hortícolas, por ejemplo, debido a la sencilla razón que el espectro de la luz del sol es subóptimo para el crecimiento de plantas. La luz del documento US 2009/0231832 que tiene por objeto replicar la luz del sol contiene muchas longitudes de onda superfluas que no se usan eficazmente por las plantas en su crecimiento. Por ejemplo, la banda de 500-600 nm (luz verde) se usa de manera deficiente por las plantas ya que las plantas verdes reflejan esta longitud de onda. Esto conduce a energía desperdiciada en aplicaciones hortícolas.

Adicionalmente, las luces de la técnica anterior omiten también longitudes de onda esenciales, que serían muy útiles para el crecimiento de plantas. Por ejemplo, estas luces no alcanzan el rojo lejano entre 700 nm-800 nm, que es importante para el cultivo de plantas. El documento EP 1374665 A1 se refiere a un método y un iluminador para cultivar plantas.

Resumen de la invención

Es un objetivo de la presente invención eliminar al menos una parte de los problemas en relación con la técnica y proporcionar una nueva manera de facilitar el crecimiento de plantas usando LED. El objeto de la presente invención se logra mediante una luz hortícola que está caracterizada por lo que se afirma en la reivindicación independiente. Las formas de realización preferidas de la invención se divulgan en las reivindicaciones dependientes. La presente divulgación también describe diversas formas de realización de referencia en vista de los objetivos de referencia útiles para comprender la invención, por ejemplo, como se indica a continuación.

Es un primer objetivo de la presente divulgación proporcionar un dispositivo LED basado en una única fuente de emisión de luz al que responde bien el proceso de la fotosíntesis.

Es un segundo objetivo de la presente divulgación proporcionar un accesorio de iluminación para cultivo de invernadero basado en un dispositivo LED optimizado de flujo de fotones de fotosíntesis (PPF).

Es un tercer objetivo de la presente divulgación conseguir un dispositivo LED que proporcione al menos dos picos de emisión en el intervalo de longitud de onda de 300 a 800 nm y al menos uno de los picos de emisión tenga una anchura a media altura (FWHM) de al menos 50 nm o más.

Es un cuarto objetivo de la presente divulgación proporcionar un accesorio de iluminación de cultivo de invernadero basado en LED en el que la relación de intensidad de emisión de dos frecuencias de emisión, 300-500 nm y 600-800 nm, se reduce en menos del 20% durante las 10.000 horas de operación.

Es un quinto objetivo de la presente divulgación proporcionar una solución técnica que proporcione un mejor valor de PPF por vatio (es decir, PPF frente a vatios de potencia usada) que el logrado mediante lámparas de sodio de alta presión convencionales usadas normalmente en cultivo de invernadero y que proporciona, por lo tanto, una fuente de luz eficaz de energía para el proceso de cultivo de invernadero e iluminación artificial usada en el mismo.

Es un sexto objetivo de la presente divulgación proporcionar una única fuente de emisión de luz en la que la emisión a una frecuencia de 300-500 nm se genera mediante el chip LED semiconductor y la emisión a una frecuencia de

600-800 nm se genera usando una conversión ascendente de la longitud de onda parcial de la potencia de radiación del chip LED. El inventor ha descubierto que, por ejemplo, las plantas de pepino y lechuga alcanzan mayor longitud y/o masa cuando se iluminan con la luz hortícola inventiva que incluye luz de rojo lejano (700-800 nm).

Es un séptimo objetivo de la presente divulgación proporcionar una única fuente de emisión de luz donde la emisión a una frecuencia de 300-500 nm se genera mediante el chip LED semiconductor y la emisión a una frecuencia de 600-800 nm se genera usando una conversión ascendente de la longitud de onda parcial de la potencia de radiación del chip LED. La conversión ascendente de la longitud de onda para producir una radiación de 600-800 nm se consigue usando uno o más materiales de conversión ascendente de longitud de onda en proximidad con la fuente de emisión de LED.

En esta solicitud "conversión ascendente de longitud de onda" se interpreta como un cambio de la longitud de onda de luz absorbida entrante con respecto a la luz emitida de longitudes de onda más largas.

Es un octavo objetivo de la presente divulgación proporcionar 400-500 nm, 600-800 nm o ambos intervalos de frecuencia de la conversión ascendente de longitud de onda parcial o completa de radiación de chip LED semiconductor, teniendo el chip una emisión a 300-500 nm de intervalo de emisión. La conversión ascendente de longitud de onda se realiza usando materiales orgánicos, inorgánicos o una combinación de ambos tipos.

Es un noveno objetivo de la presente divulgación proporcionar la conversión ascendente de longitud de onda usando un material de partícula nano-dimensionado para la conversión ascendente.

Es un décimo objetivo de la presente divulgación proporcionar la conversión ascendente de longitud de onda usando un material de tipo molécula para la conversión ascendente.

Es un undécimo objetivo de la presente divulgación proporcionar la conversión ascendente de longitud de onda usando un material polimérico en el que el material de conversión ascendente está unido covalentemente a la matriz polimérica que proporciona la conversión ascendente de longitud de onda.

Es un duodécimo objetivo de la presente divulgación presentar un accesorio de iluminación basado en LED donde se suprime la banda espectral de 500-600 nm. En esta banda suprimida difícilmente existe alguna o ninguna emisión en absoluto, o en cualquier caso menos emisión que en cualquiera de las bandas de 400-500 nm, 600-700 nm adyacentes. La supresión puede conseguirse de acuerdo con la presente divulgación no teniendo ninguna o únicamente una pequeña cantidad de emisión primaria en la banda de 400-500 nm, y asegurando que cualquier conversión ascendente produzca un desplazamiento de longitud de onda que desplace la longitud de onda por encima de 600 nm. Se conoce en general que las plantas verdes no pueden utilizar la radiación de luz verde (500-600 nm), así como la radiación en las bandas adyacentes, ya que esta radiación simplemente se refleja desde la planta en lugar de que se absorba por conversión fotosintética.

Es un decimotercer objetivo de la presente divulgación presentar un accesorio de iluminación basado en LED que maximice el crecimiento anabólico de las plantas proporcionando luz de rojo lejano deseada, mientras que minimiza la luz de verde que, desde la perspectiva del cultivo de plantas, es radiación que desperdicia energía. Este objetivo se realiza en un aspecto de la presente divulgación mediante un LED azul con un dispositivo de conversión ascendente de longitud de onda que convierte de forma ascendente parte de la luz azul emitida (300-500) nm en un componente de espectro del rojo amplio (600-800 nm) que tiene un componente de rojo lejano, pero omite y/o minimiza el componente de verde (500-600 nm).

La presente divulgación proporciona un diodo emisor de luz y un accesorio de luz relacionado adecuados para cultivo de invernadero. De acuerdo con la presente divulgación, el diodo emisor de luz tiene un patrón de frecuencia de emisión específico, es decir, tiene al menos dos características espectrales; un pico de emisión con una anchura a media altura de al menos 50 nm o más y que tiene una longitud de onda pico en el intervalo de 600 a 700 nm, y unas segundas características espectrales que tienen una longitud de onda pico por debajo del intervalo de 500 nm. Los picos de emisión del LED coinciden bien con un espectro de respuesta de la fotosíntesis de la planta y, por lo tanto, son particularmente adecuados para alta eficacia de iluminación artificial.

Un componente de emisión de luz adecuado para facilitar el crecimiento de las plantas, comprende un chip semiconductor compuesto de emisión de luz; y un fósforo de conversión ascendente de longitud de onda de la luz que se deposita en proximidad directa del chip LED. Tal componente puede emitir dos picos de emisión de luz característicos.

Un accesorio de iluminación para facilitar el crecimiento de las plantas de acuerdo con la presente divulgación comprende al menos un diodo emisor de luz (LED) que tiene

a) primeras características espectrales que incluyen un pico en el intervalo de longitud de onda de 600 a 700 nm y dispuestas para mostrar una anchura a media altura de al menos 50 nm o más; y
b) segundas características espectrales con un máximo de 50 nm de anchura a media altura y dispuestas para mostrar una longitud de onda pico en el intervalo de 440 a 500 nm.

Un accesorio de iluminación hortícola de acuerdo con la presente divulgación comprende al menos un diodo emisor de luz (LED) que tiene

a) primeras características espectrales que incluyen un pico en el intervalo de longitud de onda de 600 a 700 nm y dispuestas para mostrar una anchura a media altura de al menos 50 nm o más;
b) segundas características espectrales con un máximo de 50 nm de anchura a media altura y dispuestas para mostrar una longitud de onda pico en el intervalo de 440 a 500 nm, y
c) la totalidad o parte de la emisión a una frecuencia de 600-800 nm se genera utilizando una conversión ascendente de longitud de onda total o parcial de la potencia de radiación del chip LED.

Un accesorio de iluminación hortícola de acuerdo con la presente divulgación comprende al menos un diodo emisor de luz (LED) que tiene

a) primeras características espectrales que incluyen un pico en el intervalo de longitud de onda de 600 a 700 nm y dispuestas para mostrar una anchura a media altura de al menos 50 nm o más;
b) segundas características espectrales con un máximo de 50 nm de anchura a media altura y dispuestas para mostrar una longitud de onda pico en el intervalo de 440 a 500 nm, y
c) al menos una parte o la totalidad de la emisión a longitudes de onda de 500-600 nm se dispone para minimizarse y/u omitirse y/o reducirse por debajo de la intensidad en la banda de 400-500 nm y por debajo de la intensidad en la banda de 600-700 nm.

Un accesorio de iluminación para facilitar el crecimiento de las plantas de acuerdo con la presente divulgación comprende un LED UV luminiscente, opcionalmente con características de emisión externa, estando dicho LED dispuesto para mostrar

a) primeras características espectrales fosforescentes con una longitud de onda pico en el intervalo de 350 a 550 nm;
b) segundas características espectrales fosforescentes opcionales con una longitud de onda pico en el intervalo de 600 a 800 nm;
c) terceras características espectrales fosforescentes opcionales con una longitud de onda pico libremente ajustable entre 350 y 800 nm;
d) pudiendo ajustarse intensidades de emisión fosforescentes de las características espectrales primeras, segundas opcionales y terceras opcionales en cualquier relación.

Un componente emisor de luz para facilitar el crecimiento de las plantas de acuerdo con la presente divulgación, comprende;
un chip semiconductor compuesto de emisión de luz; y
un fósforo de conversión ascendente de longitud de onda de luz que se deposita en la proximidad directa del chip LED, siendo capaz dicho componente de emitir dos picos de emisión de luz característicos.

Un componente emisor de luz de una luz hortícola de acuerdo con la presente divulgación comprende;
un chip semiconductor compuesto de emisión de luz; y
un fósforo de conversión ascendente de longitud de onda de luz que se deposita en proximidad directa del chip LED; siendo capaz dicho componente de emitir dos picos de emisión de luz característicos, y la totalidad o parte de la emisión a una frecuencia de 600-800 nm se genera utilizando una conversión ascendente de longitud de onda completa o parcial de la potencia de radiación del chip LED.

Un componente emisor de luz de una luz hortícola de acuerdo con la presente divulgación comprende;
un chip semiconductor compuesto de emisión de luz; y
un fósforo de conversión ascendente de la longitud de onda de luz que se deposita en proximidad directa del chip

LED; siendo capaz dicho componente de emitir dos picos de emisión de luz característicos, y al menos una parte o la totalidad de la emisión a longitudes de onda de 500-600 nm se dispone para minimizarse y/u omitirse y/o reducirse por debajo de la intensidad en la banda de 400-500 nm y por debajo de la intensidad en la banda de 600-700 nm.

El mejor modo de la presente divulgación se considera que implica una pluralidad de LED en el intervalo de longitud de onda de 380-850 nm dispuestos con espectros de emisión que están dispuestos para coincidir con la respuesta fotosintética de una planta al cultivo con la iluminación de dichos LED. El mejor modo caracterizará la conversión ascendente de longitud de onda mediante fósforo desde la emisión de LED azul.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra espectros de absorción relativos de los fotorreceptores fotosintéticos y fotomorfogenéticos más comunes en las plantas verdes;
la Figura 2 muestra los picos de emisión de un primer dispositivo LED de una única fuente de emisión de luz de acuerdo con la presente divulgación;
la Figura 3 muestra los picos de emisión de un segundo dispositivo LED de una única fuente de emisión de luz de acuerdo con la presente divulgación;
la Figura 4 muestra los picos de emisión de un tercer dispositivo LED de una única fuente de emisión de luz de acuerdo con la presente divulgación;
la Figura 5 muestra los picos de emisión de un cuarto dispositivo LED de una única fuente de emisión de luz de acuerdo con la presente divulgación; y
las Figuras 6a a 6c muestran de manera esquemática las diversas etapas de proceso de un método para producir un dispositivo LED modificado de acuerdo con una forma de realización preferida de la presente divulgación.

Descripción detallada de formas de realización preferidas

Como ya se ha analizado anteriormente, la presente divulgación se refiere en general a un dispositivo LED de fuente de emisión de luz única que tiene propiedades óptimas para usarse como fuente de luz de cultivo de invernadero. Específicamente este enfoque para construir las fuentes de luz tiene propiedades óptimas y flexibilidad para coincidir con las frecuencias de la fotosíntesis en el cultivo de plantas. Usando este enfoque, las fuentes de luz pueden diseñarse para alcanzar PPF y PPF superiores por eficacia y rendimiento de vatio y muy bajo consumo de potencia y una vida útil operativa muy larga cuando se compara con las tecnologías existentes.

En particular, el dispositivo LED de fuente de emisión de luz única proporciona al menos dos picos de emisión en el intervalo de longitud de onda de 300-800 nm y al menos uno de los picos de emisión tiene una anchura a media altura (FWHM) al menos de 50 nm o superior. Los picos de emisión e intensidades relativas se seleccionan para coincidir con las frecuencias de la fotosíntesis para la planta. Además, la cantidad de PPF requerida para la fuente de luz se optimiza para cumplir los requisitos de la planta.

La emisión a una frecuencia de 300-500 nm se genera mediante el chip LED semiconductor y la emisión a una frecuencia de 400-800 nm se genera usando una conversión ascendente de longitud de onda completa o parcial de la potencia de radiación del chip LED. La conversión ascendente de longitud de onda parcial puede seleccionarse para que esté en el intervalo del 5-95%, preferentemente del 35-65%, de la radiación del chip LED semiconductor. La conversión ascendente de la longitud de onda para producir la radiación de 400-800 nm se consigue usando uno o más materiales de conversión ascendente en proximidad con la fuente de emisión de LED. La conversión ascendente de longitud de onda se realiza usando materiales orgánicos, inorgánicos o una combinación de ambos tipos. Estos materiales pueden ser materiales particulares (nanopartículas u otro tamaño de partícula), moleculares o poliméricos. Adicionalmente los materiales pueden tener una disposición estructural que da como resultado una conversión ascendente de longitud de onda de la fuente de emisión.

De acuerdo con una forma de realización particular, un accesorio de iluminación para facilitar el crecimiento de plantas comprende un de LED UV, opcionalmente con características de emisión luminiscentes externas. El LED muestra típicamente

a) primeras características espectrales fosforescentes con una longitud de onda pico en el intervalo de 350 a 550 nm;
b) segundas características espectrales fosforescentes opcionales con una longitud de onda pico en el

intervalo de 600 a 800 nm; y
c) terceras características espectrales fosforescentes opcionales con una longitud de onda pico libremente ajustable entre 350 y 800 nm.

En esta solicitud, longitud de onda pico "ajustable" como anteriormente se interpreta como una longitud onda pico que puede ajustarse durante el ensamblaje del accesorio de iluminación en la fábrica, y/o también "ajustable" como en un selector ajustable en el accesorio de iluminación para ajuste de longitud de onda pico *in situ*. Además, el ajuste de las longitudes de onda pico del LED durante el proceso de fabricación del LED es también de acuerdo con la presente divulgación, y "ajustable" debería interpretarse que incluye también ajustes realizados durante el proceso de fabricación del LED. Todas las formas de realización mencionadas anteriormente de una longitud de onda pico ajustable, o cualquier otra variable de fuente de luz ajustable o LED están dentro del alcance de esta solicitud de patente.

Preferiblemente, las intensidades de emisión fosforescentes de las características espectrales primeras, segundas opcionales y terceras opcionales pueden ajustarse en cualquier relación.

Las Figuras 2 a 5 ilustran algunos ejemplos de los picos de emisión de los dispositivos LED de fuente de emisión de luz única.

En la Figura 2, la frecuencia de emisión del chip LED semiconductor alcanza el pico a una longitud de onda de 457 nm con picos de emisión de anchura a media altura (FWHM) de 25 nm. En este caso la conversión ascendente de longitud de onda se hace usando dos materiales de conversión ascendente. Estos dos materiales de conversión ascendente de longitud de onda tienen picos de emisión individuales a 660 nm y 604 nm. La Figura 2 muestra el pico de emisión combinada desde estos dos materiales de conversión ascendente de longitud de onda alcanzando el pico a una longitud de onda de 651 nm con picos de emisión de FWHM de 101 nm. En este caso aproximadamente el 40% (calculado a partir de las intensidades pico) de la emisión del chip LED semiconductor, se convierte de forma ascendente en una emisión de 651 nm mediante dos materiales de conversión ascendente individuales.

En la Figura 3, la frecuencia de emisión del chip LED semiconductor alcanza el pico a una longitud de onda de 470 nm con picos de emisión de anchura a media altura (FWHM) de 30 nm. En este caso, la conversión ascendente de longitud de onda se hace usando dos materiales de conversión ascendente. Estos dos materiales de conversión ascendente de longitud de onda tienen picos de emisión individuales a 660 nm y 604 nm. La Figura 2 muestra el pico de emisión combinada desde estos dos materiales de conversión ascendente de longitud de onda alcanzando el pico a una longitud de onda de 660 nm con picos de emisión de FWHM de 105 nm. En este caso aproximadamente el 60% (calculado a partir de las intensidades pico) de la emisión del chip LED semiconductor, se convierte de forma ascendente en una emisión de 660 nm mediante dos materiales de "conversión ascendente" individuales.

En la Figura 4, la frecuencia de emisión del chip LED semiconductor alcanza el pico a una longitud de onda de 452 nm con picos de emisión de anchura a media altura (FWHM) de 25 nm (no se muestra en la figura). En este caso, la conversión ascendente de longitud de onda se hace usando un material de conversión ascendente. La Figura 3 muestra el pico de emisión de este material de conversión ascendente que alcanza picos a longitud de onda de 658 nm con picos de emisión de FWHM de 80 nm. En este caso aproximadamente el 100% (calculado a partir de las intensidades pico) de la emisión del chip LED semiconductor, se convierte de forma ascendente en una emisión de 658 nm mediante el material de "conversión ascendente". Esto puede apreciarse a partir de la Figura 4, ya que no hay una emisión de 452 nm que salga del dispositivo LED.

En la Figura 5, la frecuencia de emisión del chip LED semiconductor alcanza el pico a una longitud de onda de 452 nm con picos de emisión de anchura a media altura (FWHM) de 25 nm. En este caso, la conversión ascendente de longitud de onda se hace usando un material de conversión ascendente. La Figura 5 muestra el pico de emisión de este material de conversión ascendente que alcanza picos a longitud de onda de 602 nm con picos de emisión de FWHM de 78 nm. En este caso aproximadamente el 95% (calculado a partir de las intensidades pico) de la emisión del chip LED semiconductor, se convierte de forma ascendente en una emisión de 602 nm mediante el material de "conversión ascendente" de longitud de onda.

Para el espectro mencionado anteriormente, el dispositivo puede construirse como se explica en detalle a continuación. La frecuencia de emisión del chip LED semiconductor debería seleccionarse de la manera que sea adecuada para excitar las moléculas de fósforo usadas en el dispositivo. La emisión del chip LED puede estar entre

400 nm y 470 nm.

La molécula o moléculas de fósforo usadas deberían seleccionarse de manera que se consigan unos espectros de emisión deseados a partir del LED.

A continuación, se describirá un procedimiento para usar dos materiales de fósforo (materiales de conversión ascendente de longitud de onda) en el dispositivo LED para conseguir los espectros deseados (véanse las Figuras 6a a 6c).

El fósforo A y el fósforo B se mezclan en una relación predeterminada para conseguir los espectros de emisión de fósforo deseados a partir del dispositivo LED (véase la Figura 6a). La relación de los fósforos puede ser por ejemplo 99:1 (A:B) a 1:99. Esta mezcla de fósforos A+B se mezcla en un material C (por ejemplo un polímero) a una concentración predeterminada para formar un "encapsulante". La concentración de los fósforos en el material C puede ser por ejemplo 99:1 (mezcla de fósforo:material C) a 1:99. Esta mezcla de material C + fósforos (A y B) se deposita a continuación en proximidad directa del chip LED (Figura 6b y 6c). Mediante "proximidad" se refiere a que puede depositarse directamente en la superficie del chip LED o espaciarse con otro material óptico. La concentración de la mezcla de fósforo en el material C determina la cantidad de conversión ascendente de longitud de onda de la frecuencia de emisión del chip LED semiconductor, que significa cuánta de la frecuencia de emisión del chip LED "original" se observa en la emisión del dispositivo LED final y cuánta se convierte en la emisión de fósforo en el dispositivo LED.

El espesor del encapsulante (en el que se mezcla el fósforo) típicamente varía de 0,1 um a 20 mm, en particular de 1 um a 10 mm, preferiblemente de 5 um a 10 mm, por ejemplo, de aproximadamente 10 um a 5 mm, dependiendo de la concentración de fósforo.

Típicamente la concentración del fósforo (calculada a partir del peso total del encapsulante) es de aproximadamente el 0,1 al 20%, preferiblemente de aproximadamente el 1 al 10%.

La conversión ascendente de longitud de onda puede ser el 100%, lo que significa que existe únicamente emisión de fósforo observada desde el dispositivo LED o puede ser inferior al 100%, lo que significa que parte de la emisión del chip LED se transmite fuera del dispositivo LED.

Para resumir, ajustando la relación de fósforo A:B es posible ajustar los espectros de emisión de fósforo deseados desde el dispositivo LED, y ajustando la concentración de fósforo en el material C es posible ajustar la cantidad/valor de emisión del chip LED deseado para el dispositivo LED.

La cantidad (espesor físico) de material C (con cierta concentración de fósforo) en la parte superior del chip LED afecta también la cantidad de emisión del chip LED que se transmite desde el dispositivo LED. Cuanto más gruesa es la capa del material C en la parte superior del chip LED, menor es la transmisión.

El material C puede ser, por ejemplo, un disolvente, polímero inorgánico u orgánico, polímero de silicio, polímero siloxano u otro polímero donde el fósforo pueda mezclarse. El material C puede tener uno o más componentes que tengan que mezclarse antes de usar junto con el fósforo. El material C puede ser un material curable térmicamente o por UV.

La mezcla del fósforo o fósforos y el material C disolvente (sólido o líquido) puede ser translúcida o transparente, preferiblemente transparente, para permitir el paso de la luz emitida desde el LED.

En una forma de realización que es especialmente preferible se produce la radiación del rojo lejano (700-800 nm) mediante, por ejemplo, fósforos co-dopados con europio-cerio Ba_x Sr_y ZnS_3 y/o sulfuros de óxido de lantánido dopados con cerio. Estos tipos de fósforos y sulfuros tienen máximo pico de emisión entre 650-700 nm de la región de longitud de onda y muestran también anchura a media altura amplia (50-200 nm) y, por lo tanto, producen también emisión de luz a longitud de onda superior, es decir, por encima del intervalo de longitud de onda de 700 nm.

Además de, o como una alternativa a usar fósforos u otros materiales similares, también es posible realizar la conversión ascendente de longitud de onda por medio de al menos un punto cuántico semiconductor o similares, que se coloca cerca del LED.

Ejemplo

Un accesorio de iluminación LED se construyó para fines de pruebas comparativas basándose en el dispositivo LED único que tiene un espectro de salida idéntico al de la Figura 3. El accesorio de iluminación consistía en 60 unidades LED individuales que tenían un consumo de potencia de 69 W que incluye el consumo de potencia del controlador de corriente constante CA/CC.

Los dispositivos de comparación eran accesorios de iluminación de invernadero de lámpara de HPS (sodio de alta presión) comerciales con un consumo de potencia total de 420 W y un accesorio LED de invernadero de LED comercial. El accesorio LED comercial estaba basado en dispositivos LED de azul y de rojo individuales que tenían un consumo de potencia total de 24 W.

El accesorio de iluminación LED de acuerdo con la presente divulgación se ensayó frente a los dispositivos LED comerciales mencionados anteriormente usando el siguiente procedimiento y disposición de medición de PPF.

La irradiación de PAR (valor de irradiación entre 400 nm y 700 nm) y los valores de PPF se calcularon midiendo los espectros del accesorio de luz de 300 nm a 800 nm y el valor de irradiación absoluta en la banda de 385 nm a 715 nm. El espectro de cada lámpara se midió con el espectrorradiómetro ILT700A a una distancia. Los valores de irradiación absoluta se midieron con piranómetro de precisión a ciertas distancias y se usaron más tarde para calcular los espectros absolutos a estas distancias. Estos espectros absolutos se usaron para calcular los cálculos de PAR y de PPF. La irradiación de PAR (W/m^2) se calculó integrando el espectro absoluto de 400 nm a 700 nm. Los valores de PPF se calcularon en primer lugar traduciendo el valor de irradiación de cada "canal" del espectro de W/m^2 a microeinsteins y después integrando este espectro en la banda de longitud de onda deseada.

El resultado de la comparación de estos dos accesorios de lámpara de invernadero comercial y el accesorio LED de acuerdo con la innovación se presentan en la tabla a continuación. Los resultados también se normalizaron frente al accesorio de iluminación de HPS comercial.

Tipo	HPS	LED de crec. de ref.	LED de acuerdo con la presente divulgación
Potencia (W)	420	24	69
PPF total	164	26	88
PPF/vatio	0,39	1,08	1,28
PPF normalizado eficientemente a HPS de ref.	1	2,77	3,27
PPF normalizado eficientemente a HPS de ref. (%)	100%	277%	327%

Como se verá a partir de los resultados de ensayo mostrados, un accesorio de iluminación LED de acuerdo con la presente divulgación proporciona 3,27 veces mayor eficiencia de PPF superior en comparación con HPS, y 1,18 veces mejor eficiencia de PPF en comparación con el accesorio de invernadero LED comercial basado en dispositivos LED de azul y de rojo individuales. Naturalmente todos los LED o accesorios de iluminación están dispuestos para usarse especialmente en invernaderos para el cultivo de plantas como luces de invernadero en muchas formas de realización de la presente divulgación.

Los ejemplos anteriores han descrito formas de realización en las que hay un diodo emisor de luz (LED) que tiene las características espectrales indicadas. Naturalmente, los presentes accesorios de iluminación pueden comprender una pluralidad de LED, al menos algunos (es decir, el 10% o más), o preferiblemente una mayoría (más del 50%) de los cuales tienen las propiedades y características indicadas. Por lo tanto, es posible tener accesorios que comprendan combinaciones de LED convencionales y LED del presente tipo. No hay límites superiores particulares al número de LED. Por lo tanto, los accesorios de iluminación del presente tipo pueden tener aproximadamente de 1 hasta 10.000 LED, típicamente de 1 a 1000 LED, en particular de 1 a 100 LED.

Está de acuerdo con la presente divulgación incluir LED con diferentes picos de emisión en una luminaria y controlarlos para proporcionar una emisión espectral deseable para lograr un resultado de crecimiento determinado o una respuesta fisiológica.

Bibliografía

[1] P. Pinho, Doctoral dissertation "Usage and control of solid-state lighting for plant growth", Helsinki University of

Technology, Department of Electronics, 2008

REIVINDICACIONES

1. Una luz hortícola configurada para facilitar el crecimiento de las plantas, comprendiendo la luz hortícola al menos un diodo emisor de luz (LED), teniendo el al menos un LED

a) primeras características espectrales que incluyen un pico en el intervalo de longitud de onda de 600 a 700 nm y dispuestas para mostrar una anchura a media altura de al menos 50 nm o más, en donde las primeras características espectrales se generan utilizando una conversión ascendente de longitud de onda parcial de radiación de un chip semiconductor del al menos un LED con al menos un material de conversión ascendente en proximidad del chip semiconductor de al menos un LED; y
b) segundas características espectrales con un máximo de 50 nm de anchura a media altura y dispuestas para mostrar una longitud de onda pico en el intervalo de 440 a 500 nm, en donde las segundas características espectrales están en forma de radiación del chip semiconductor del menos un LED.

2. La luz de la reivindicación 1, **caracterizada por que** la emisión a longitudes de onda de 500-600 nm se dispone para reducirse por debajo de la intensidad en la banda de 400-500 nm y por debajo de la intensidad en la banda de 600-700 nm.

3. La luz de la reivindicación 1, en la que el LED tiene unas características espectrales con un pico libremente ajustable en el intervalo de longitud de onda de 500 a 800 nm y dispuesto para mostrar al menos 30 nm de anchura a media altura.

4. La luz de cualquiera de las reivindicaciones 1, que comprende un segundo LED con al menos una característica espectral con un máximo de 50 nm de anchura a media altura y una longitud de onda pico en el intervalo de 400 a 500 nm y opcionalmente segundas y terceras características espectrales dispuestas para tener unas longitudes de onda pico libremente ajustables en el intervalo de 450 nm a 800 nm.

5. Uso de la luz de la reivindicación 1 para proporcionar luz para al menos una planta.

6. Un método para mejorar el crecimiento de plantas, en el que al menos una luz de la reivindicación 1 emite luz al menos a una planta.

7. Un accesorio de iluminación hortícola que comprende una luz hortícola de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

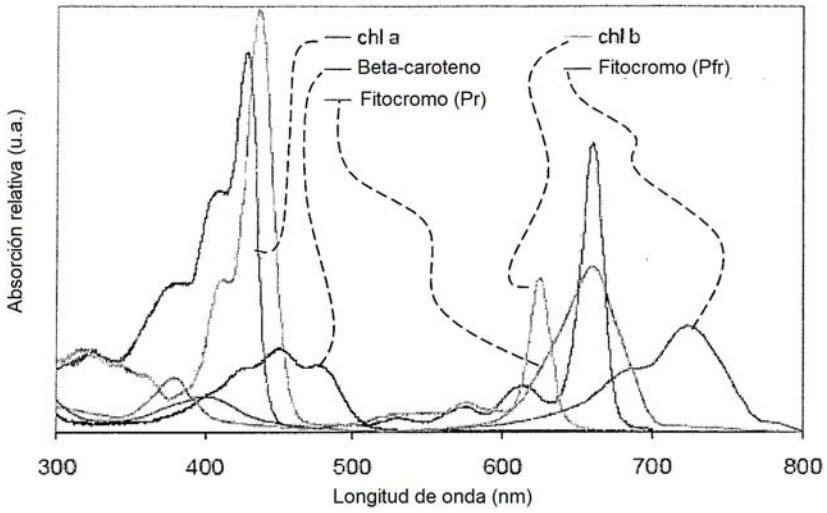
chl a
Beta-caroteno
Fitocromo (Pr)
chl b
Fitocromo (Pfr)
Absorción relativa (u.a.)
300
400
500
600
700
800
Longitud de onda (nm)

Fig. 1

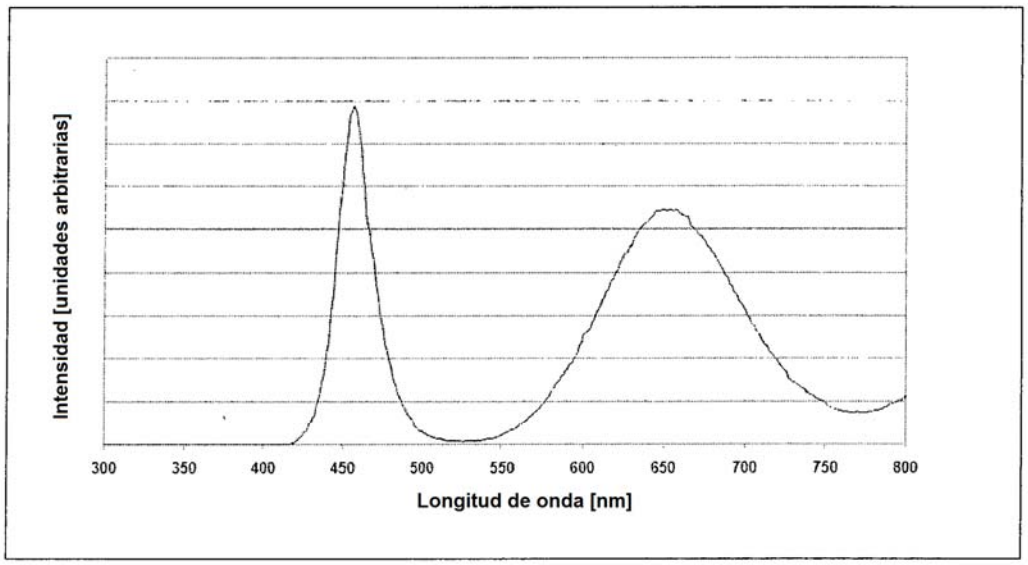
Intensidad [unidades arbitrarias]
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
Longitud de onda [nm]

Fig. 2

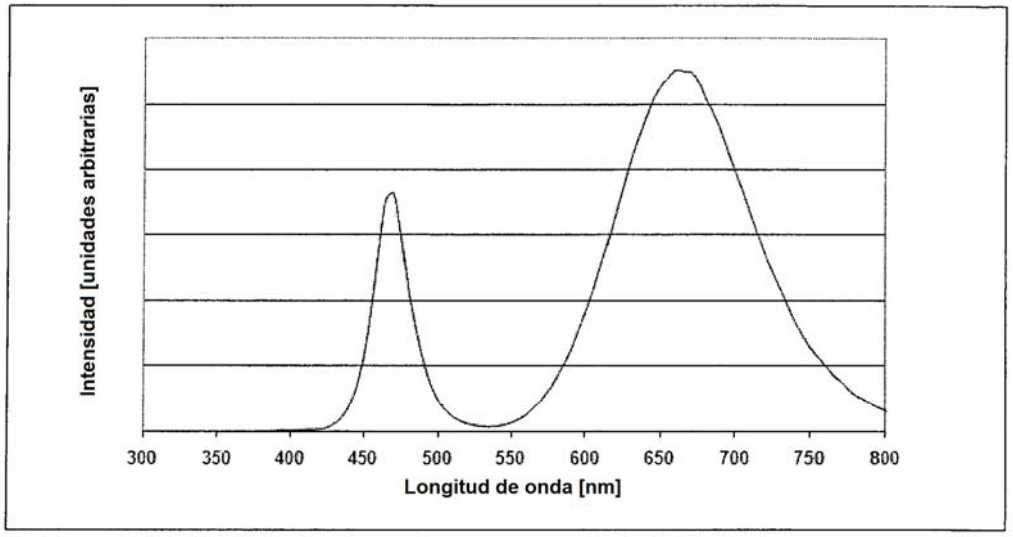
Intensidad [unidades arbitrarias]
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
Longitud de onda [nm]

Fig. 3

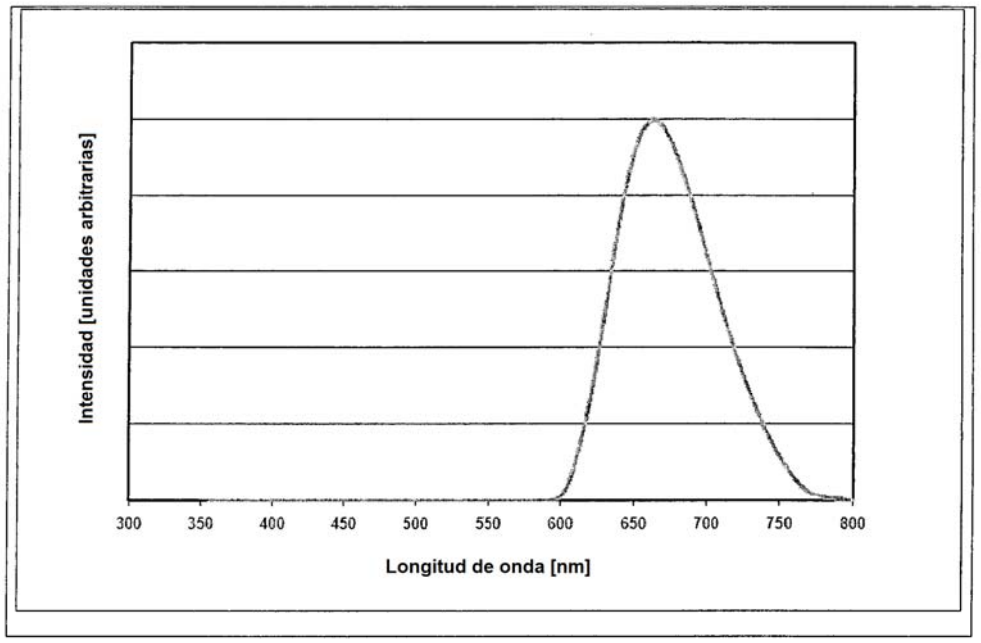
Intensidad [unidades arbitrarias]
300
350
400
450
500
550
600
650
700
750
800
Longitud de onda [nm]

Fig. 4

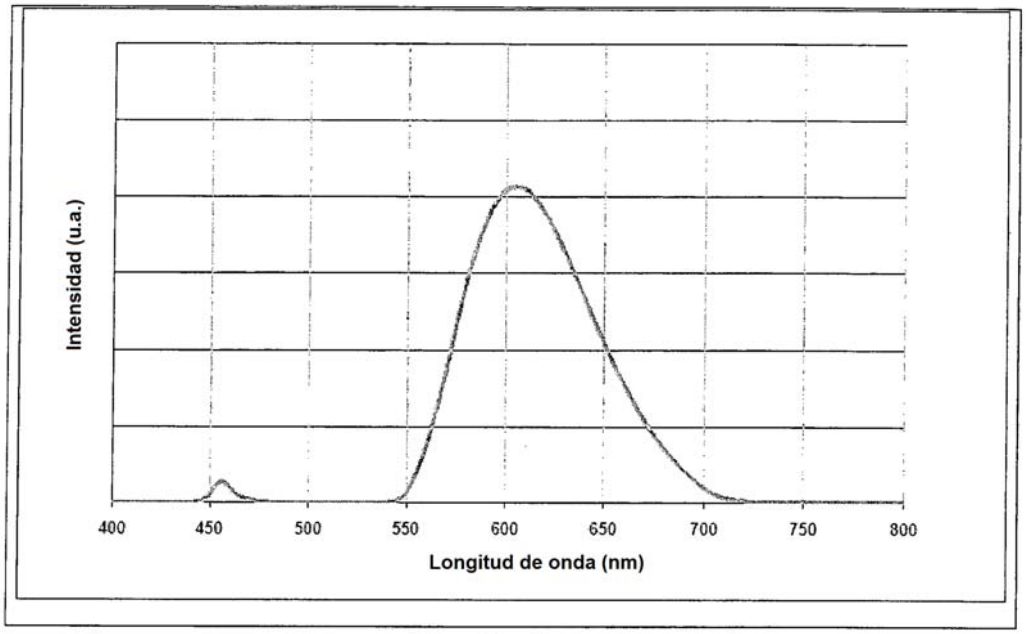
Intensidad (u.a.)
400
450
500
550
600
650
700
750
800
Longitud de onda (nm)

Fig. 5

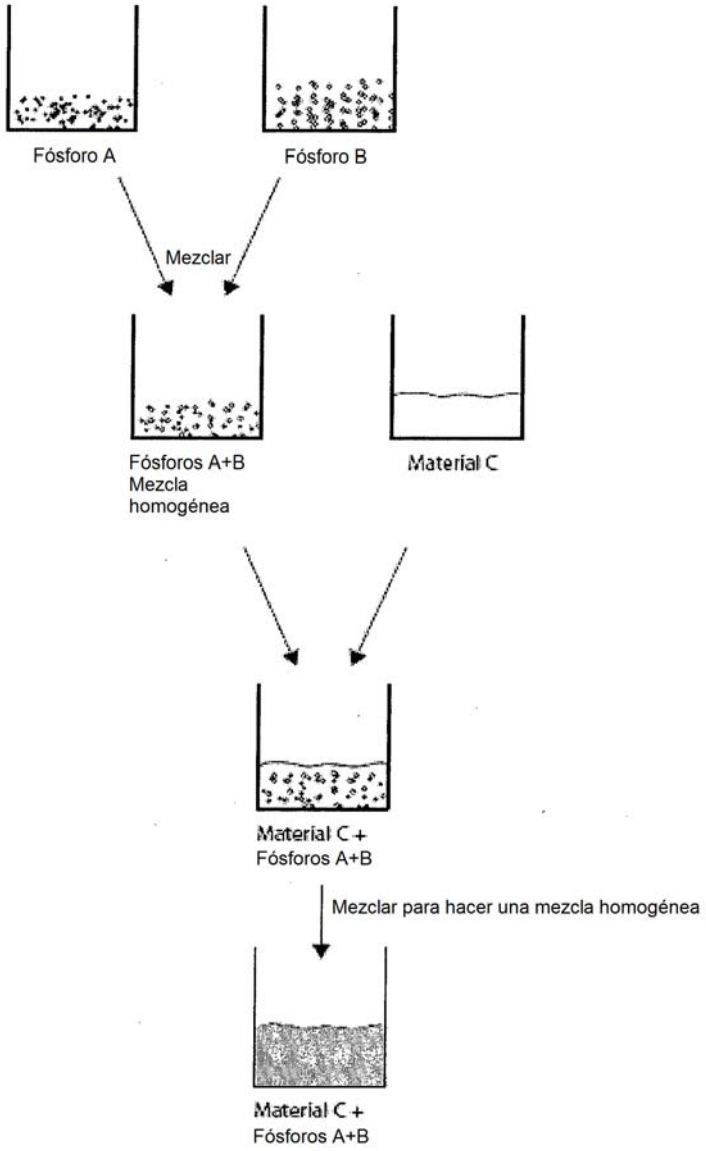
Fósforo A
Fósforo B
Mezclar
Fósforos A+B
Mezcla
homogénea
Material C
Material C +
Fósforos A+B
Mezclar para hacer una mezcla homogénea
Material C +
Fósforos A+B

Fig. 6a

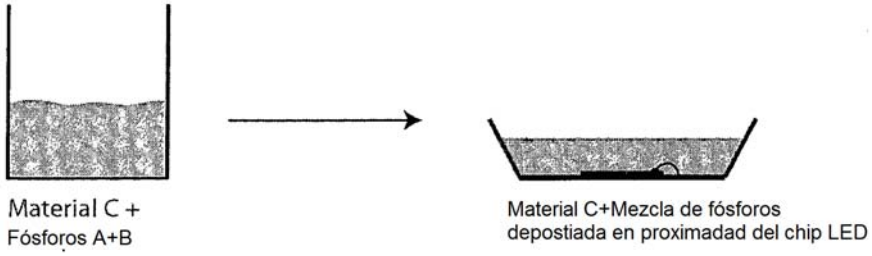
Material C +
Fósforos A+B
Material C+Mezcla de fósforos
depostiada en proximadad del chip LED

Fig. 6b

Fig. 6c