

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 625 058**

51 Int. Cl.:

A01G 7/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.12.2013 PCT/IB2013/061024**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2014 WO14097138**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2013 E 13830107 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2017 EP 2934089**

54 Título: **Interfaz de iluminación para horticultura para interconectar al menos un sistema de iluminación**

30 Prioridad:

21.12.2012 US 201261740558 P
21.12.2012 EP 12198959

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.07.2017

73 Titular/es:

PHILIPS LIGHTING HOLDING B.V (100.0%)
High Tech Campus 5
5656 AE Eindhoven, NL

72 Inventor/es:

KRIJN, MARCELLINUS PETRUS CAROLUS
MICHAEL;
PEETERS, HENRICUS MARIE;
VAN ECHELT, ESTHER MARIA;
PETERS, MARC ANDRE;
TANASE, CRISTINA;
ONAC, GABRIEL-EUGEN;
NICOLE, CÉLINE CATHERINE SARAH y
VAN ELMPT, ROB FRANCISCUS MARIA

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 625 058 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

Interfaz de iluminación para horticultura para interconectar al menos un sistema de iluminación

5 CAMPO DE LA INVENCION

La invención se refiere a una interfaz de iluminación para horticultura para interconectar al menos un sistema de iluminación.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La iluminación para horticultura se conoce en la técnica. El documento US2010031562, por ejemplo, describe una instalación de iluminación para uso en cultivos de invernadero para iluminar cultivos en invernadero, que comprende varias fuentes de luz, tales como lámparas, proporcionadas por encima de los cultivos que se van a iluminar, y una serie de dispositivos atenuadores para las fuentes de luz, caracterizada porque los dispositivos atenuadores están provistos de medios de control para variar periódica y automáticamente la intensidad luminosa de las fuentes de luz que cooperan con los dispositivos atenuadores de acuerdo con un patrón predeterminado. La US2010031562 tiene como objetivo proporcionar un método e instalación de iluminación, respectivamente, para cultivo en invernadero. En particular, las fuentes de luz están divididas en varios grupos, estando diseñada la instalación de iluminación de manera que, en uso, la potencia de cada grupo varíe de acuerdo con un patrón predeterminado, mientras que los patrones de diferentes grupos están desplazados en fase entre sí de tal manera que la potencia eléctrica consumida por los grupos de unión varíe menos que la suma de las variaciones de potencia de los grupos separados, más particularmente de tal manera que la potencia eléctrica consumida por los grupos de unión varíe menos que la variación de potencia de un solo grupo, de tal manera que la energía eléctrica consumida por los grupos de unión varíe en la medida más pequeña posible, o, al menos prácticamente, no varíe. En particular, todos los patrones son los mismos, pero solo desfasados uno con respecto al otro.

Además, la US2011/0187291 describe una interfaz para convertir una respuesta fisiológica vegetal deseada en instrucciones de control para al menos un sistema de iluminación que tiene al menos una propiedad de iluminación ajustable.

RESUMEN DE LA INVENCION

Las plantas usan el proceso de fotosíntesis para convertir luz, CO₂ y H₂O en hidratos de carbono (azúcares). Estos azúcares se utilizan para alimentar los procesos metabólicos. El exceso de azúcares se utiliza para la formación de biomasa. Esta formación de biomasa incluye el alargamiento del tallo, el aumento del área foliar, la floración, la formación de frutos, etc. El fotorreceptor responsable de la fotosíntesis es la clorofila y en las plantas superiores también los carotenoides como parte del pigmento de la antena. Además de la fotosíntesis, también la fotoperiodicidad, el fototropismo y la fotomorfogénesis son procesos fisiológicos representativos relacionados con la interacción entre la luz o la radiación electromagnética entre 300 nm y 800 nm de longitud de onda y las plantas:

- fotoperiodicidad se refiere a la capacidad que las plantas tienen de detectar y medir la periodicidad de la luz (por ejemplo, para inducir la floración),

45 - fototropismo se refiere al movimiento de crecimiento de la planta hacia y lejos de la luz, y

- fotomorfogénesis se refiere al cambio de forma en respuesta a la calidad y cantidad de luz.

50 Dos importantes picos de absorción de la clorofila a y b están localizados en las regiones rojo y azul desde 625-675 nm y desde 425-475 nm, respectivamente. Adicionalmente, también hay otros picos localizados a cerca de UV (300-400 nm) y en la región de rojo lejano (700-800 nm). La actividad fotosintética principal parece tener lugar dentro del rango de longitud de onda de 400-700 nm. La radiación dentro de este rango se denomina radiación fotosintéticamente activa (PAR).

55 El fotosistema de fitocromo incluye dos formas 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. La actividad del fitocromo guía diferentes respuestas como la expansión de las hojas, la percepción de los vecinos, la evitación de la sombra, la elongación del tallo, la germinación de las semillas y la inducción de la floración.

60 En horticultura, la luz se cuantifica a menudo en el número de fotones PAR (Radiación Fotosintética Activa) (la contribución a la fotosíntesis de todos los fotones entre 400 y 700 nm se considera igual) y se puede medir y expresar en número de fotones por segundo por unidad de área (en $\mu\text{mol}/\text{seg}/\text{m}^2$, un mol correspondiendo a $6 \cdot 10^{23}$ fotones). Alternativamente, la luz puede medirse y expresarse en términos de potencia óptica (mili)vatios.

65 El crecimiento de la planta depende no solo de la cantidad de luz o de la intensidad de la luz, sino también de la composición espectral, duración y tiempo de la luz en la planta. La combinación óptima de luz en términos de

intensidad, composición espectral, duración y tiempo y dependiendo de la planta específica para el desarrollo de la planta en términos de estos parámetros se llama "receta de luz".

Tradicionalmente, solo la luz solar estaba disponible para el crecimiento de la planta. El desarrollo de la iluminación artificial y, por ejemplo, de los invernaderos llevó a dispositivos especiales de iluminación para ese propósito. Se utilizaron las primeras bombillas, dispositivos de iluminación basados en alambres calentados y lámparas de sodio de alta presión (HPS). La HPS y lámparas de halogenuros metálicos son ambas lámparas de descarga de gas (el principio se basa en la creación de un arco de descarga entre 2 electrodos en un tubo lleno de gas; el arco ioniza los gases y los haluros metálicos presentes o en el caso de amalgama de sodio HPS). Solamente las bombillas incandescentes (vacíos o llenados con halógenos) se basan en el principio de un alambre calentado sobre todo tungsteno. Un tercer principio utilizado a menudo es el tubo fluorescente que es también una lámpara de descarga de gas (llena de vapor de mercurio) siendo creada la luz UV por el mercurio ionizado convertido por fósforos colocados en el interior del tubo de vidrio en luz visible. Los tres tipos de lámpara se utilizan para la iluminación hortícola. (Lámparas HPS a menudo en invernaderos como iluminación de asimilación que crean altos niveles de luz, bombillas incandescentes como lámparas de floración (para la inducción de flor) también en invernaderos y tubos fluorescentes en el crecimiento de cultivo de tejidos y cámaras de crecimiento de plantas sin luz diurna. En principio la iluminación LED puede sustituir y sustituirá a las fuentes de luz convencionales utilizadas para la horticultura y probablemente permitirá métodos de cultivo de plantas que son completamente nuevos y no se pueden prever todavía. Con LEDs ahora se hace posible crear cualquier espectro de 300nm-800nm más eficiente que la mayoría de las fuentes convencionales, La composición espectral de una fuente de luz basada en LED es posible. Los LEDs pueden desempeñar una variedad de papeles en la iluminación hortícola, tales como:

La iluminación suplementaria posibilita la iluminación que complementa la luz natural para aumentar la producción (de tomates por ejemplo), extender la producción de cultivos durante, por ejemplo, el otoño, el invierno y la primavera, cuando los precios de los cultivos pueden ser más altos, o como un método de control para ajustar la morfología del cultivo.

Iluminación fotoperiódica: La duración diaria de la luz es importante para muchas plantas. La proporción del período de luz y oscuridad en un ciclo de 24 horas influye en la respuesta de florecimiento de muchas plantas. Manipular esta relación mediante iluminación suplementaria permite regular el tiempo de florecimiento.

Cultivo sin luz diurna en "fábricas de plantas" y para aplicaciones de cultivo de tejidos.

En un futuro próximo, la fuente de luz convencional puede seguir desempeñando un papel. En algunas situaciones, puede demostrar ser una fuente de luz artificial más rentable y/o probada para el crecimiento de la planta. Posiblemente en combinación con fuentes de luz naturales y/o artificiales.

Diversos productores de dispositivos de iluminación proporcionaron dispositivos de iluminación que tenían características diferentes, tanto en rendimiento espectral y/o en intensidad. Las fuentes de luz varían aún más con la introducción de fuentes de luz LED. Además, un productor puede usar y combinar diferentes tipos de dispositivos de iluminación en su invernadero. Combinar todos estos dispositivos de iluminación diferentes en un invernadero y proporcionar el tipo óptimo de iluminación en la etapa correcta de crecimiento de la planta resulta ser un reto. De hecho, la iluminación LED hace que la composición espectral sea controlable en el tiempo. No solo la cantidad de la luz es de interés, pero sobre todo la calidad de la luz es de interés y necesita ser definida.

Por lo tanto, es un aspecto de la invención proporcionar un control de iluminación para la aplicación en horticultura y/o un método de iluminación alternativo para la aplicación en horticultura, que preferiblemente elimina al menos en parte uno o más de los inconvenientes antes descritos.

Por lo tanto, la invención proporciona una interfaz para convertir una respuesta fisiológica vegetal deseada en instrucciones de control para al menos un sistema de iluminación que tiene al menos una propiedad de iluminación ajustable, comprendiendo dicha interfaz:

un receptor para recibir una respuesta fisiológica deseada de la planta;

un procesador acoplado funcionalmente a dicho receptor para convertir dicha respuesta fisiológica vegetal deseada en dichas instrucciones de control, y

un transmisor, acoplado funcionalmente a dicho procesador para transmitir dichas instrucciones de control

en el que dicha respuesta fisiológica deseada de la planta se define como un punto de referencia en un espacio de acción de horticultura multidimensional, estando dicho espacio de acción de horticultura multidimensional representado por al menos dos dimensiones seleccionadas de una primera dimensión representativa para una acción de fotosíntesis deseada, una segunda dimensión representativa de una acción de fototropina deseada, una tercera dimensión representativa para una acción deseada de fitocromo Pr, y una cuarta dimensión representativa para una acción de fitocromo Pfr deseada, en el que dicho procesador está funcionalmente acoplado a una memoria

que comprende una descripción de un subespacio del espacio de acción de horticultura multidimensional que representa puntos en el espacio de acción de horticultura multidimensional que son convertibles en instrucciones de control ejecutables por dicho al menos un sistema de iluminación, y

- 5 en el que dicho procesador está adaptado para mapear dicho punto fijado a un punto objetivo en dicho subespacio y determinar instrucciones de control correspondientes para dicho al menos un sistema de iluminación.

En una realización, la invención proporciona una interfaz para convertir una respuesta fisiológica vegetal deseada en instrucciones de control para al menos un sistema de iluminación que tiene al menos una propiedad de iluminación ajustable, comprendiendo dicha interfaz:

- 10 un receptor para recibir una respuesta fisiológica deseada de la planta;
- 15 un procesador acoplado funcionalmente a dicho receptor para convertir dicha respuesta fisiológica vegetal deseada en dichas instrucciones de control, y
- un transmisor, funcionalmente acoplado a dicho procesador para transmitir dichas instrucciones de control a dicho al menos un sistema de iluminación.

20 Dicha respuesta fisiológica vegetal deseada está en una realización definida como un punto fijado en un espacio de acción de horticultura multidimensional, estando dicho espacio de acción de horticultura multidimensional representado por uno de

- 25 (i) un primer sistema de coordenadas que comprende al menos una primera dimensión representativa para una acción de fotosíntesis deseada y una segunda dimensión representativa para una acción de fototropina deseada;

(ii) un segundo sistema de coordenadas que comprende al menos una primera dimensión representativa para una acción de fotosíntesis deseada, una segunda dimensión representativa para una acción de fitocromo Pr deseada y tercera dimensión representativa para una acción de fitocromo Pfr deseada; y

30 (iii) un tercer sistema de coordenadas que comprende por lo menos una primera dimensión representativa para una acción de fototropina deseada, una segunda dimensión representativa para una acción de fitocromo Pr deseada y tercera dimensión representativa para una acción de fitocromo Pfr deseada.

35 Dicho procesador está funcionalmente acoplado a una memoria que comprende una descripción de un subespacio del espacio de acción de horticultura multidimensional que representa puntos en el espacio de acción de horticultura multidimensional que son convertibles en instrucciones de control ejecutables por dicho al menos un sistema de iluminación, Y dicho procesador está adaptado para mapear dicho punto fijado a un punto objetivo en dicho subespacio y determinar instrucciones de control correspondientes para dicho al menos un sistema de iluminación.

40 Las coordenadas del espacio de acción de horticultura pueden ser utilizadas, por ejemplo, en el control de un invernadero. En los invernaderos, existen muchos sistemas diferentes que apoyan el cultivo de plantas cultivadas y otras. De hecho, a este respecto, la "horticultura" puede incluso extenderse a algas y organismos comparables en crecimiento.

45 La idea de combinar dispositivos de iluminación fija con fuentes de dispositivos de iluminación regulables y con fuentes de luz controlables a todo color en un sistema de iluminación y permitiendo un fácil control del espectro utilizando el espacio de acción de horticultura, es nueva y será beneficiosa tanto para usuarios finales, como constructores de ordenadores del clima (programadores) y fabricantes de lámparas.

50 El espacio de acción de horticultura se puede usar para más propósitos:

1. Predecir la respuesta de la planta a la luz y definir recetas de luz para diferentes cultivos.
- 55 2. Permitir a los fabricantes de lámparas caracterizar la composición espectral de la luz de las lámparas que sea relevante para los cultivadores de plantas.
3. Se puede encontrar un uso adicional del espacio de acción de horticultura en el control espectral dinámico para la luz de crecimiento. Los sistemas de control climático pueden controlar el espectro luminoso de la luz comunicando las coordenadas correctas sin conocer el espectro luminoso de las lámparas implicadas.
- 60 4. Los sensores de luz miden el espectro y pueden utilizar las coordenadas para definir la composición espectral de la luz artificial y la luz ambiental.

65 Los sistemas conocidos que están presentes en invernaderos son sistemas de alimentación, relacionados con el suministro de agua y/o nutrientes, sistemas de ventilación que proporcionan aire con la temperatura y composición

adecuadas, por ejemplo el contenido correcto de dióxido de carbono y un sistema de iluminación para proporcionar la cantidad (intensidad) y/o composición (espectral) adecuadas de luz en la ubicación correcta. En algunos invernaderos, estos sistemas están controlados por un sistema de control climático.

5 En sistemas de invernadero conocidos, se proporcionan recetas de crecimiento que permiten a un cultivador seleccionar el cultivo. La receta de crecimiento proporciona al sistema de control climático datos basados en el tiempo o puede proporcionar un calendario y ajustes para el sistema de alimentación y el sistema de ventilación. En los invernaderos tradicionales, los sistemas de iluminación pueden consistir en una parte pasiva y una parte activa. A este respecto, la parte pasiva puede comprender medios de sombreado para cambiar la cantidad natural de luz, a
10 menudo luz solar. La parte activa tradicionalmente comprende dispositivos de iluminación artificial como las fuentes HPS e incandescentes. En estos invernaderos tradicionales, el sistema de climatización puede ser capaz de accionar medios de sombreado y puede ser capaz de encender y apagar los dispositivos de iluminación artificial.

15 En sistemas de iluminación modernos, cada vez más dispositivos de iluminación LED que pueden tener una combinación de fuentes de luz LED están llegando al mercado. En general, las fuentes de luz LED tienen una salida espectral estrecha y bien definida. En dispositivos de iluminación LED, se pueden combinar una pluralidad de fuentes de luz LED, e incluso pueden combinarse diferentes tipos de fuentes de luz LED en el sentido de salida espectral.

20 La salida de luz se puede definir como una combinación de salida espectral, la forma de la curva de longitud de onda versus intensidad, y la intensidad, la altura de esta curva. En algunos dispositivos de iluminación, el cambio de una de la salida espectral y la intensidad puede influir en la otra.

25 Cada dispositivo de iluminación puede tener diferentes maneras de controlar la salida de luz. En una situación simple, al igual que algunos dispositivos de iluminación LED, los LED solo se pueden encender o apagar. Por tanto, en un dispositivo de iluminación de este tipo, mediante la conexión y desconexión de más o menos de los LED, la intensidad se controla por pasos. En otra fuente de luz, como una bombilla, encendiendo y apagando una bombilla, la intensidad se controla de forma binaria. Usando por ejemplo un dispositivo de atenuación, la salida de la luz de la bombilla de luz es controlada tanto en la intensidad como espectralmente, pero no independientemente.

30 En un invernadero en la situación actual, un cultivador en teoría puede así ser capaz de ajustar las condiciones de iluminación en su invernadero en todos los sentidos. En la práctica, sin embargo, para ser capaz de controlar las condiciones de luz para afectar los dispositivos de iluminación instalados en la planta así como su posición en el invernadero para controlar la composición espectral e intensidad de la luz y eventualmente la luz recibida por las
35 plantas. Actualmente con iluminación convencional, los cultivadores efectivamente no pueden controlar la composición espectral de la luz. Solo se puede controlar el nivel de luz. Con iluminación LED o una combinación de iluminación LED e iluminación convencional, la composición espectral puede ser controlada, por ejemplo, por el ordenador de clima. Para lograr esto, el ordenador de clima debe disponer de información detallada sobre los dispositivos de iluminación instalados, así como su posición en el invernadero, para crear los niveles de luz correctos y la composición espectral de la luz a nivel de la planta. Además, los resultados de los institutos de investigación que
40 proporcionan óptimas condiciones de iluminación deben traducirse en ajustes que estén dentro de las capacidades del sistema de iluminación disponible.

45 Un desarrollo actual es producir recetas de luz que se pueden usar en, por ejemplo, ordenadores de clima y dispositivos de control de luz para dispositivos de iluminación. Aparte de los dispositivos de control de luz, también se pueden usar sensores de luz para medir uno o más del nivel de luz ambiente (intensidad y/o composición espectral) y niveles de luz de los dispositivos de iluminación artificial en un invernadero.

50 La comunicación entre todos estos componentes es compleja y ahora depende de dispositivos individuales.

El desarrollo del espacio de acción de horticultura permite que los controles sean menos dependientes de la construcción técnica de los dispositivos de iluminación y de los otros componentes. Otra ventaja es que con la definición del espacio de acción de horticultura, solo se deben calcular y generar las coordenadas correctas. Las mismas coordenadas pueden ser generadas por diferentes dispositivos de iluminación y utilizando diferentes
55 espectros. Ahora se puede utilizar la manera más eficiente de generar una condición de iluminación requerida y/o deseada. Esto puede ser tanto en eficiencia energética, en eficiencia de costos, e incluso sobre la base de requisitos ergonómicos. En algunas situaciones, un ser humano debe ser capaz de juzgar el estado del cultivo o de las plantas. El efecto sobre la planta, sin embargo, sería el mismo.

60 El espacio de acción de horticultura puede usarse para predecir la respuesta de la planta a la luz y definir recetas de luz para diferentes cultivos. Por otro lado, el espacio de acción de horticultura puede permitir a los fabricantes de lámparas caracterizar la composición espectral de la salida de los dispositivos de iluminación de una manera que sea relevante y comprensible para los cultivadores de plantas. También puede proporcionar una forma clara y transparente de comunicar el efecto de la lámpara o la calidad de la lámpara a los cultivadores. Se puede encontrar
65 un uso adicional del espacio de acción de horticultura en el control espectral dinámico para la luz de crecimiento. Los sistemas de control del clima pueden ser capaces de controlar el espectro de luz de los dispositivos de iluminación

comunicando las coordenadas correctas sin un conocimiento detallado del espectro de luz exacta de las lámparas implicadas. Los sensores de luz pueden medir el espectro resultante y pueden ser capaces de comunicar los resultados en forma de coordenadas en el espacio de acción de horticultura.

Por lo tanto, solo el área de control de coordenadas de una receta de luz para plantas debe implementarse en el software de control y puede utilizarse siempre y cuando las lámparas puedan funcionar dentro del área de color deseada. La reprogramación dependiente de la lámpara es simplificada. La arquitectura del controlador de la lámpara puede no ser relevante para el software de control. La receta de la luz no necesita ser construida en el dispositivo de iluminación, pero puede ser vendida al usuario final como un complemento de software para el software de control climático. Alternativamente, se pueden proporcionar recetas de luz en una base de datos remota a la que se puede acceder por ejemplo por la interfaz.

Una característica del espacio de acción de horticultura es que la composición espectral de la luz que se ofrece a una planta puede expresarse en unidades relevantes de la planta. Estas unidades se derivan de la absorción de las plantas y de las características de respuesta/acción. La composición espectral de la luz se traduce en el espacio de acción de horticultura en un punto o coordenada en el espacio de acción de horticultura. Este punto se comunica adicionalmente y se traduce en intensidad luminosa y composición espectral hacia los sistemas de iluminación instalados. Por lo tanto, puede simplificar la comunicación entre los cultivadores, los fisiólogos de plantas, los biólogos, los desarrolladores de invernaderos y los sistemas de control climático del invernadero y las manufacturas de lámparas.

En estudios de fisiología vegetal, se encontró que varias partes en el espectro de luz son responsables de diversos aspectos en el desarrollo de la planta. A lo largo de los años, esto llevó a la definición de varios así llamados espectros de acción. Estos espectros de acción representan la contribución relativa de un componente espectral y su efecto relativo en el desarrollo de las plantas. En otras palabras, define la efectividad relativa de diferentes longitudes de onda de la luz para inducir una respuesta biológica. Estos espectros de acción también se refieren a la presencia de componentes fotosensibles en plantas, como la clorofila.

Uno de los espectros de acción que están bien definidos en la literatura es el espectro de acción de McCree. Este espectro de acción permite relacionar la cantidad de fotosíntesis en una planta promedio con las condiciones de luz. Se basa en la actividad fotosintética de una planta promedio. Su validez está recientemente confirmada, por ejemplo, en E. Paradiso et al., Spectral dependence of photosynthesis and light absorbance in single leaves and canopy in rose, *Science Horticulturae* 127 (2011), pp. 548-554. La curva de McCree fue identificada por primera vez por McCree en 1972, y fue validada en esta publicación.

En otros estudios, se identifica el efecto denominado fototropismo. Este efecto es inducido por las llamadas fototropinas, los receptores de luz azul en las plantas, que inducen además del fototropismo, por ejemplo, la migración de los cloroplastos y la apertura estomática inducida por la luz azul. Es responsable, por ejemplo, del movimiento de crecimiento de las plantas hacia y desde la luz. Esto se describe por ejemplo en Winslow R. Briggs y John M. Christie, Phototropins 1 y 2: versatile plant blue-light receptors, *Trends in Plant Science* Vol. 7 nº 5, mayo de 2002, páginas 204 - 210.

En otros estudios, se identificaron dos formas interconvertibles de fitocromos. También se denominan espectros de acción Pr y Pfr. La importancia de los fitocromos puede ser evaluada por las diferentes respuestas fisiológicas donde están involucradas, tales como la expansión de las hojas, la percepción de los vecinos, la evitación de la sombra, la elongación del tallo, la germinación de las semillas y la inducción de la floración. Los dos espectros de acción importantes a este respecto son una forma de fitocromos (Pfr) absorbentes de color rojo lejano, y una forma de fitocromos absorbentes de rojo (Pr). Los espectros de acción relevantes y el cálculo de fotoequilibrios de fitocromo se identifican, por ejemplo, en J.C. Sager y otros, Photosynthetic Efficiency and Phytochrome Photoequilibria Determination Using Spectral Data, *American Society of Agricultural Engineers*, 0001-2351/88/3106, pp 1882-1889.

Estos espectros de acción anteriormente explicados y discutidos se han combinado en el espacio de acción de horticultura que se usa en el documento actual. Para la mayoría de las plantas verdes, pueden usarse estos espectros de acción. Para otras plantas, incluyendo algas, pueden requerirse otros espectros de acción. Estos espectros de acción específicos pueden usarse de la misma manera que los espectros de acción identificados anteriormente.

Se encontró que el uso de las dos dimensiones ya permite una descripción de las condiciones de iluminación que pueden utilizarse en los casos en que se utiliza una cantidad limitada y/o tipo de dispositivos de iluminación. Se encontró que en ese caso, estas dos coordenadas dan la mejor descripción. Sin embargo, puede ser necesario utilizar una definición más detallada del espacio de acción de horticultura.

Las coordenadas de acción de horticultura en una realización representan al menos una cantidad de acción de fotosíntesis y una cantidad de acción de fototropina. Una definición para calcular tal cantidad es incorporar todas las contribuciones a la acción específica para todas las longitudes de onda relevantes de luz, teniendo en cuenta la contribución ponderada. A este respecto, el peso apropiado depende de la intensidad de la luz a una determinada

longitud de onda que se considera. Una manera de calcular la cantidad de acción es tomando para cada longitud de onda relevante la cantidad relativa de acción, y sumando esas cantidades relativas para todas las longitudes de onda relevantes.

- 5 Es evidente que, por lo tanto, hay diferentes maneras de calcular un espacio de acción de horticultura que se puede utilizar en aplicaciones de horticultura.

10 En la presente invención, se tomaron varias medidas para llegar a un espacio de acción de horticultura que permite la comunicación con respecto a las condiciones de iluminación y que es lo más posible independiente de las propiedades espectrales exactas de los dispositivos de iluminación que están presentes en un invernadero. Una ventaja de la definición que sigue es que permite una definición clara, proporciona un espacio lo más lineal posible y permite calcular otras diversas cantidades que pueden utilizarse en procesos biológicos de plantas.

15 A continuación, se elucida en detalle un ejemplo de un espacio de acción de horticultura con base en los principios explicados anteriormente. Pueden ser posibles otros espacios útiles de horticultura. Se encontró, sin embargo, que la definición a continuación proporciona un espacio que es lo más lineal posible, proporciona una visión en todas las partes involucradas, y es relativamente fácil de entender y utilizar en la práctica. Este espacio de acción de horticultura se puede utilizar para la mayoría de las plantas verdes conocidas.

20 Un espacio de acción de horticultura en cuatro dimensiones puede definirse como sigue. En primer lugar, se definen los siguientes valores:

$$W = \int_{300nm}^{800nm} I(\lambda) \cdot Pfr(\lambda) d\lambda$$

25
$$X = \int_{300nm}^{800nm} I(\lambda) \cdot Pr(\lambda) d\lambda$$

$$Y = \int_{300nm}^{800nm} I(\lambda) \cdot \text{Fotosíntesis}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = \int_{300nm}^{800nm} I(\lambda) \cdot \text{Fotropina}(\lambda) d\lambda$$

30 En estas ecuaciones, $I(\lambda)$ se define como el flujo radiante en vatios. Para utilizar estos valores, se normalizan los espectros de acción explicados anteriormente. En la figura 5, que se explicará con más detalle a continuación, se trazan los espectros de acción normalizados. Cada espectro de acción se normaliza de tal manera que su valor máximo es 1. Para el espectro de acción $Pfr(\lambda)$, se utiliza la normalización del espectro de acción $Pr(\lambda)$, ya que estos espectros de acción en la práctica están interrelacionados. Los valores W, X, Y, Z son normalizados en un espacio normalizado de 4 dimensiones:

$$w = \frac{W}{W + X + Y + Z}$$

40
$$x = \frac{X}{W + X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{W + X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{W + X + Y + Z}$$

45 Una ventaja de esta definición del espacio de acción de horticultura es que los cálculos son simplificados, la comunicación de la acción de la planta adquiere significado a medida que el espacio se normaliza. Sin embargo, estas coordenadas normalizadas también requieren que se comunique también una indicación de la intensidad luminosa absoluta. Una forma muy simple es comunicar la integral de $I(\lambda)$ sobre las longitudes de onda relevantes, "I", junto con las coordenadas. Una manera más elegante es comunicar una de las coordenadas del espacio de la acción de horticultura en su valor absoluto. En la comunicación de las coordenadas del espacio de acción de horticultura, el valor de Y es una medida absoluta de la cantidad de fotosíntesis. En una realización, el Y se comunica por tanto como una de las coordenadas. En una realización, Y se utiliza junto con x. Alternativamente, Y

se usa junto con x e y.

En una realización alternativa, (z, x, w) o (x, y, w) se usan como un conjunto mínimo. Una vez más, una de estas coordenadas se puede utilizar en su valor absoluto ("mayúscula"), o si no están presentes, puede añadirse Y.

Una forma de determinar la coordenada exacta de la acción de horticultura es usar la coordenada (W, X, Y, Z). Para comparar más fácilmente las fuentes de luz, la calidad de la luz, (x, y, z) es relevante, y obsérvese que $w = 1 - x - y - z$. Un conjunto de coordenadas completo puede ser (x, y, z, Y), porque de este conjunto (o espacio) se puede calcular la coordenada (W, X, Y, Z):

$$W = w * (W + X + Y + Z) = w * (Y/y)$$

$$X = x * (Y/y)$$

$$Z = z * (Y/y)$$

En particular, en un espacio de 4 dimensiones, la calidad de la luz puede expresarse en la coordenada 3-D (x, y, z) y en la cantidad de luz en el valor de Y. De nuevo, este conjunto (x, y, z) necesita tener una indicación de la intensidad de la luz con el fin de hacer cálculos con respecto a los sistemas de luz. De nuevo, se puede añadir "I", se puede añadir Y o usar en lugar de y, o una o más de las otras coordenadas pueden ser usadas en su forma absoluta ("mayúsculas").

A partir de las coordenadas del espacio de acción de horticultura, se pueden calcular diversas cantidades que se relacionan directamente con la acción de la planta. En estos cálculos se utiliza la ya mencionada intensidad luminosa total 'I', definida como flujo radiante (de nuevo en vatios):

$$I = \int_{300nm}^{800nm} I(\lambda) \, d\lambda$$

$$PSS = \frac{X}{W + X}$$

Actividad fotosintética relativa = Y/I

Respuesta relativa fototropina = Z/I

A este respecto, PSS también se define como $Pr/(Pr + Pfr)$. Al comunicar y definir el espacio de acción de horticultura, como se explicó, la cantidad total de energía óptica se determinó como un parámetro importante. La explicación anterior muestra que en lugar de comunicar el "I", proporciona más información sobre la naturaleza de las coordenadas si se utiliza "Y".

En los cálculos actuales, las coordenadas se calculan usando un intervalo óptico de longitud de onda de 300-800 nm. Puede ser posible ampliar ese rango a un rango de longitud de onda más amplio si es necesario. Por ejemplo, puede haber plantas o algas que muestren actividad en otros rangos de longitud de onda más amplios.

En una realización, el procesador está adaptado para proyectar o mapear dicho punto fijado en dicho subespacio basado en al menos un criterio de optimización. Tal criterio de optimización puede ser, por ejemplo, la cantidad de energía utilizada por el sistema de iluminación o el sistema completo de iluminación de un invernadero, por ejemplo. Alternativamente, un productor puede tener preferencias con respecto al uso de ciertos sistemas de iluminación o fuentes de luz en el sistema de iluminación.

En una realización, el espacio de acción de horticultura multidimensional comprende al menos una primera dimensión representativa para una acción de fotosíntesis deseada, una segunda dimensión representativa para una acción de fototropina deseada, una tercera dimensión representativa para una acción de fitocromo Pr deseada y una cuarta dimensión representativa para una acción de fitocromo Pfr deseada.

Se encontró que estas cuatro dimensiones juntas eran capaces de predecir el desarrollo de la planta en gran parte. Los cálculos exactos para estas dimensiones ya se han explicado anteriormente.

En una realización, el espacio de acción de horticultura multidimensional comprende una dimensión adicional, siendo dicha dimensión adicional representativa para una acción de apertura de estomas deseada. La apertura de los estomas y el espectro de acción posible se describe por ejemplo en Silvia Frechilla et al., "Reversal of Blue Stomat Light-Stimulated Stomatal by Green Light", Plant Cell Physiol. 41 (2): 171 - 176 (2000). Esta dimensión

adicional puede definirse de forma similar a las otras dimensiones explicadas anteriormente.

En una realización, el receptor está además adaptado para recibir una receta de luz de horticultura que comprende al menos una etiqueta para identificar un tipo de planta, al menos una respuesta fisiológica vegetal deseada y un programa de tiempo para dicha al menos una respuesta fisiológica vegetal deseada, con dicha al menos una respuesta fisiológica vegetal deseada representada como al menos una coordenada de acción de horticultura. La receta de luz de horticultura puede comprender así un programa de tiempo con una serie de coordenadas de acción de horticultura correspondientes al calendario. Así, el desarrollo de la planta puede ser controlado y dirigido. Se pueden proporcionar múltiples recetas de luz en una base de datos que puede estar alejada de la interfaz. Puede tenerse acceso mediante la interfaz a través de una red, por ejemplo a través de Internet.

En una realización, dicho receptor está además adaptado para recibir una definición de sistema de iluminación que comprende una identificación de sistema de iluminación con instrucciones de control asociadas para ejecutar respuestas de planta fisiológicas definidas como puntos que definen dicho subespacio en dicho espacio de acción de horticultura multidimensional y cuyas instrucciones de control son ejecutables por dicho al menos un sistema de iluminación, y dicho receptor está adaptado para proporcionar dicha definición del sistema de iluminación a dicha memoria. En una realización, se pueden proporcionar múltiples definiciones de sistema de iluminación en una base de datos de iluminación. Una vez más, esa base de datos de iluminación puede estar alejada de la interfaz. Puede tenerse acceso mediante la interfaz a través de una red, por ejemplo a través de Internet. Tal conjunto de definiciones de sistemas de iluminación permite una conmutación rápida entre sistemas de iluminación. Permite combinar diversos sistemas de iluminación. Estos sistemas de iluminación pueden ser complementarios o suplementarios. Puede permitir una selección rápida de los sistemas de iluminación que necesitan ser utilizados para tener un desarrollo definido de la planta.

En una realización, el receptor está adaptado además para recibir un valor de sensor representativo para un espectro de luz detectado, y en el que el procesador está además adaptado para mapear dicho valor de sensor a un punto detectado en dicho espacio de acción de horticultura multidimensional. De esta manera, es posible integrar las condiciones de iluminación reales. Esto puede proporcionar, por ejemplo, realimentación para controlar al menos un sistema de iluminación.

En una realización, la interfaz comprende además una pantalla, acoplada funcionalmente a dicho procesador, para mostrar el subespacio de dicho al menos un sistema de luz con relación al espacio de acción de horticultura, o para mostrar proyecciones del mismo, preferiblemente la pantalla muestra adicionalmente al menos uno de dicho punto fijado y dicho punto de objetivo respecto a dicho espacio secundario, de sus proyecciones. Dicha pantalla puede proporcionar, por ejemplo, retroalimentación a un usuario, por ejemplo un cultivador en un invernadero. La pantalla puede estar integrada, por ejemplo, en un dispositivo de mano y, por lo tanto, proporcionar retroalimentación a un cultivador durante su trabajo, por ejemplo, en un invernadero. Cuando, por ejemplo, se combina la pantalla con los valores de sensor mencionados anteriormente y se permite que la pantalla incluya también dicho punto detectado, un productor puede comparar los ajustes deseados y el efecto resultante visual e in situ. La pantalla puede ser una pantalla de ordenador visual, por ejemplo una pantalla LCD u OLED. Puede estar provista de una llamada interfaz táctil.

La invención se refiere además a un sistema de horticultura, que comprende una interfaz de iluminación para horticultura descrita anteriormente, al menos un sistema de iluminación y un sistema de control de clima. En este sistema de horticultura, la interfaz está funcionalmente acoplada con un sistema de control de clima para proporcionar al menos una respuesta fisiológica vegetal deseada a dicha interfaz y además funcionalmente acoplada con un sistema de iluminación para recibir instrucciones de control desde dicha interfaz y para proporcionar luz mapeada a dicha al menos una respuesta fisiológica deseada de la planta. La interfaz puede separarse físicamente de, al menos, uno del sistema de climatización y, al menos, un sistema de iluminación. En tales realizaciones, la transferencia de datos puede realizarse de una manera conocida, por ejemplo inalámbrica. En tal realización, la interfaz puede ser una unidad separada, incluso proporcionada en una carcasa separada. Alternativamente, la interfaz puede incorporarse en por lo menos uno del sistema de climatización y el sistema de iluminación. En una realización de este tipo, la interfaz puede ser incluso un elemento de software o complemento que funciona en el sistema de control de climatización y, por lo tanto, se añade o se incorpora al software que funciona en el sistema de climatización. También puede estar funcionando en el sistema de iluminación y/o puede ser integrada en el software que funciona en el sistema de iluminación.

La invención se refiere además a un sistema de horticultura, que comprende la interfaz de iluminación para horticultura descrita anteriormente, y un sistema de gestión de recetas de horticultura ligera. El sistema de gestión de la luz de horticultura está adaptado para proporcionar una receta de luz de horticultura que comprende al menos una etiqueta para identificar un tipo de planta, al menos una respuesta fisiológica vegetal deseada definida como al menos un punto fijado en dicho espacio de acción de horticultura multidimensional, para dicha al menos una respuesta fisiológica deseada de la planta, en donde dicha interfaz está funcionalmente acoplada a dicho sistema de gestión de receta de luz de horticultura para recibir dicha receta de luz de horticultura. El sistema de gestión de la receta de luz puede estar alejado de la interfaz e incluso estar alejado, por ejemplo, de la ubicación física de un invernadero utilizando el sistema de horticultura. Puede ser accesible a través de una red, por ejemplo a través de

Internet. La interfaz y el sistema de gestión de recetas de luz pueden intercambiar información, como una o más recetas de luz, y la interfaz proporciona subsiguientemente instrucciones de control de sistema de iluminación resultantes a uno o más sistemas de iluminación.

La invención se refiere además a un sistema de horticultura que comprende la interfaz de iluminación para horticultura descrita anteriormente, que comprende además un sistema de gestión de iluminación que comprende un repositorio de definiciones de sistema de iluminación, comprendiendo, cada una, una identificación de sistema de iluminación con instrucciones de control asociadas para ejecutar respuestas fisiológicas de planta definidas como puntos que definen dicho espacio secundario en dicho espacio de acción de horticultura multidimensional, y en el que dicha interfaz está funcionalmente acoplada a dicho sistema de gestión de iluminación para acceder a dicho repositorio. La interfaz y el sistema de gestión de iluminación pueden estar alejados entre sí. El sistema de gestión de la iluminación puede incluso estar alejado, por ejemplo, de un invernadero que utiliza el sistema de horticultura. El sistema de gestión de iluminación puede acoplarse a la interfaz a través de una red, por ejemplo a través de Internet. La interfaz y el sistema de gestión de la iluminación pueden intercambiar información, como una o más definiciones del sistema de iluminación, y la interfaz proporciona posteriormente las instrucciones de control del sistema de iluminación resultantes a uno o más sistemas de iluminación. Puede, por ejemplo, seleccionar uno o más de los sistemas de iluminación disponibles que pueden instalarse en un invernadero y que necesitan ser utilizados.

La invención se refiere además a un sensor para proporcionar un valor de sensor representativo para un espectro de luz detectado, en el que dicho sensor está funcionalmente acoplado a una interfaz de sensor para convertir dicho valor de sensor en una respuesta fisiológica estimada de planta, comprendiendo dicha interfaz de sensor:

un receptor para recibir un valor de sensor;

un procesador acoplado funcionalmente a dicho receptor para convertir dicho valor de sensor en dicha respuesta fisiológica estimada de planta, y

un transmisor, funcionalmente acoplado a dicho procesador para transmitir dicha respuesta fisiológica estimada de la planta.

Dicha respuesta fisiológica estimada de planta se define como un punto de estimación en un espacio de acción de horticultura multidimensional, estando dicho espacio de acción de horticultura multidimensional representado por uno de

(i) un primer sistema de coordenadas que comprende al menos una primera dimensión representativa para una acción de fotosíntesis deseada y una segunda dimensión representativa para una acción de fototropina deseada;

(ii) un segundo sistema de coordenadas que comprende al menos una primera dimensión representativa para una acción de fotosíntesis deseada, una segunda dimensión representativa para una acción de fitocromo Pr deseada y una tercera dimensión representativa para una acción de fitocromo Pfr deseada; y

(iii) un tercer sistema de coordenadas que comprende por lo menos una primera dimensión representativa para una acción de fototropina deseada, una segunda dimensión representativa para una acción de fitocromo Pr deseada y una tercera dimensión representativa para una acción de fitocromo Pfr deseada.

Dicho procesador está adaptado para mapear dicho valor de sensor a dicho punto de estimación. El sensor se integra fácilmente en un sistema de horticultura utilizando el espacio de acción de horticultura. En una realización, los valores de sensor son datos de medición espectral. En tal realización, se pueden proporcionar datos espectrales a intervalos regulares de longitud de onda. Por ejemplo, se pueden proporcionar valores de sensor para un intervalo de longitud de onda de 300-800 nm. El sensor puede estar provisto de un elemento dispersivo y un detector espacial, por ejemplo un detector de banda CCD o un sensor CCD 2D. Alternativamente, un sensor puede estar provisto de una serie de filtros en uno o más detectores. Esto, de hecho, es conocido por un experto en la materia. De hecho, los valores de los sensores pueden proporcionar directamente los valores $I(\lambda)$ que se utilizan para calcular X, Y, Z, W como se ha explicado anteriormente, o pueden proporcionar valores de los sensores a partir de los cuales puede derivarse $I(\lambda)$.

La invención se refiere además a un método para convertir una respuesta fisiológica vegetal deseada en instrucciones de control para al menos un sistema de iluminación que tiene al menos una propiedad de iluminación ajustable, comprendiendo dicho método:

recibir una respuesta fisiológica vegetal deseada, en el que dicha respuesta fisiológica vegetal deseada se define como un punto fijado en un espacio de acción de horticultura multidimensional, estando dicho espacio de acción de horticultura multidimensional representado por uno de

(i) un primer sistema de coordenadas que comprende al menos una primera dimensión representativa para una

acción de fotosíntesis deseada y una segunda dimensión representativa para una acción de fototropina deseada;

(ii) un segundo sistema de coordenadas que comprende al menos una primera dimensión representativa para una acción de fotosíntesis deseada, una segunda dimensión representativa para una acción de fitocromo Pr deseada y tercera dimensión representativa para una acción de fitocromo Pfr deseada; y

(iii) un tercer sistema de coordenadas que comprende por lo menos una primera dimensión representativa para una acción de fototropina deseada, una segunda dimensión representativa para una acción de fitocromo Pr deseada y tercera dimensión representativa para una acción de fitocromo Pfr deseada;

convirtiendo dicha respuesta fisiológica vegetal deseada en instrucciones de control, comprendiendo la conversión el mapeo de dicho punto fijado a un punto objetivo en un subespacio del espacio de acción de horticultura multidimensional y determinando instrucciones de control correspondientes para dicho al menos un sistema de iluminación, en el que dicho subespacio comprende puntos en el espacio de acción de horticultura multidimensional que son convertibles en instrucciones de control para dicho al menos un sistema de iluminación y ejecutables por dicho al menos un sistema de iluminación; y

transmitir dichas instrucciones de control a dicho al menos un sistema de iluminación.

En la descripción actual, los sistemas de iluminación comprenden dispositivos de iluminación que pueden ser adaptables en intensidad, en espectro de emisión, o ambos. Actualmente, por ejemplo, se comercializan dispositivos de iluminación basados en LED.

Los LED pueden ser LED de estado sólido, pero opcionalmente también pueden ser LED orgánicos. También se pueden aplicar combinaciones de LED de estado sólido y orgánicos. De hecho, presente solicitud proporciona una solución para cualquier tipo de dispositivo de iluminación. El término "LED" también puede estar relacionado con una pluralidad de LED. Por lo tanto, en una realización, en una única posición de LED, se pueden disponer una pluralidad de LED, tal como un paquete de LED de 2 o más LED. Los LED están especialmente diseñados para generar luz (LED) en la primera gama de longitudes de onda.

El advenimiento de la iluminación de estado sólido basada en LED ofrece oportunidades de aplicación en horticultura. Las principales ventajas del uso de LED resultan de la posibilidad de controlar la composición espectral de la luz para que coincida con los fotorreceptores de la planta. Junto con beneficios adicionales como el control del calor mejorado y la libertad de distribución de los LED, esto proporciona una producción más óptima y permite influir en la morfología y composición de la planta. También promete un consumo de energía reducido (igual que los costes asociados).

Debido a que son dispositivos de estado sólido, los LED de estado sólido se integran fácilmente en sistemas de control digital, facilitando programas de iluminación tales como iluminación "integral diaria" y simulaciones de salida y puesta del sol. Los LED son más seguros de operar que las lámparas actuales porque no tienen envolturas de vidrio y no contienen mercurio.

Los LED permiten distribuir la luz más cerca del objetivo, lo que puede dar lugar a menos pérdidas a través del techo y del suelo del invernadero. Además, se puede conseguir una mejor distribución de la luz en el cultivo. Este es ciertamente el caso de los cultivos de alambre alto como los tomates.

En la interfaz, el receptor y el transmisor pueden ser implementados por software, o pueden ser implementados por hardware. El procesador puede ser un microprocesador de propósito general que ejecuta las instrucciones de la máquina. La memoria puede utilizarse en cualquier tipo de memoria, por ejemplo memoria digital que pueda acoplarse funcionalmente al microprocesador de uso general. Los medios de memoria conocidos son RAM, ROM, memoria instantánea, discos duros y similares. Estos tipos de memoria se pueden conectar físicamente a la interfaz y de hecho al procesador. Alternativamente, la memoria está conectada inalámbricamente, puede incluso estar alejada del procesador y accesible a través de una red o de Internet, por ejemplo.

Las instrucciones de control para el sistema de iluminación pueden ser simples instrucciones de encendido/apagado. En sistemas de iluminación más avanzados, pueden ser instrucciones que establezcan un nivel de salida, por ejemplo 0%, 50%, 100%. Estos ajustes pueden incluso ser continuos, entre 0 y 100 por ejemplo. En sistemas aún más avanzados, utilizando por ejemplo diferentes tipos de fuentes de LED, las instrucciones de control pueden definir qué fuentes se deben encender y apagar, e incluso se puede definir la potencia de cada fuente. En una fuente aún más avanzada, puede definirse incluso la producción espectral.

En la interfaz, el subespacio del espacio de acción de horticultura multidimensional es una descripción de los puntos que pueden ser viables utilizando al menos un sistema de iluminación. En el mapeo, el punto fijado puede ser simplemente un punto en el subespacio. E incluso entonces, puede valer la pena no proporcionar las instrucciones de control que realmente generan ese punto fijado exacto, sino encontrar un punto objetivo relacionado que esté dentro de un rango definido del punto fijado pero que cumpla con criterios como por ejemplo consumo de energía del

sistema de iluminación bajo estas instrucciones de control u otros criterios, como la producción de calor adicional, el uso de ciertas fuentes de luz disponibles, en particular un uso óptimo de las fuentes de luz natural.

5 En el caso de que el punto fijado esté fuera del subespacio, puede calcularse una aproximación. Esto se puede hacer de diversas maneras, y usando diversos criterios de optimización. Por ejemplo, puede seleccionarse primero un punto más cercano en el subespacio que está más cercano al punto fijado. Posteriormente, se puede realizar la optimización ilustrada anteriormente.

10 Los términos "corriente arriba" y "corriente abajo" se refieren a una disposición de elementos o características relativos a la propagación de la luz desde un medio generador de luz (aquí especialmente la primera fuente luminosa), en el que en relación con una primera posición dentro de un haz de luz del medio generador de luz, una segunda posición en el haz de luz más próximo al medio generador de luz es "corriente arriba", y una tercera posición dentro del haz de luz más alejada del medio generador de luz es "corriente abajo".

15 Como se ha indicado anteriormente, la invención proporciona también un método para proporcionar luz de crecimiento en aplicaciones de horticultura que comprende proveer al menos parte del cultivo con luz de horticultura desde el dispositivo de iluminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes. Especialmente, el método puede comprender variar la distribución de intensidad espectral de la luz de horticultura en función de uno o más de (a) la parte objetivo de la planta o cultivo, (b) la hora del día, (c) la intensidad de luz y la
20 distribución de luz de otra luz diferente a la luz artificial, (d) el tipo de cultivo o cultivar vegetal, (e) la etapa de crecimiento de la planta o cultivo, (f) la etapa de un cultivo de horticultura, (g) el tiempo de cosecha, (h) el tiempo desde la cosecha, e (i) la posición en la disposición de horticultura.

25 La horticultura se refiere al cultivo de plantas (intensivo) para uso humano. En el caso de la horticultura, el término "horticultura" puede referirse a la producción de plantas para la alimentación (frutas, verduras, hongos, hierbas culinarias) y cultivos no alimentarios (flores, árboles y arbustos, césped, lúpulo, uvas, hierbas medicinales o cultivos para piensos). El término horticultura puede referirse especialmente a cultivos alimenticios (tomates, pimientos, pepinos y lechugas), así como a plantas (potencialmente) que llevan tales cultivos, tales como una planta de tomate, una planta de pimienta, una planta de pepino, etc. En general se refieren, por ejemplo, a plantas cultivadas y no
30 cultivadas. Ejemplos de plantas de cultivo son arroz, trigo, cebada, avena, garbanzo, guisante, caupí, lenteja, garbanzo verde, garbanzo negro, soja, judía común, judía pinta, semilla de lino, ajonjolí, khesari, chícharo, chiles, brinjal, tomate y pepino, okra, cacahuete, patata, maíz, millo, centeno, alfalfa, rábano, col, lechuga, pimienta, girasol, azúcar, remolacha, trébol rojo, trébol blanco, cártamo, espinaca, cebolla, ajo, nabo, zapallo, melón, sandía, pepino, calabaza, kenaf, palma de aceite, zanahoria, coco, papaya, caña de azúcar, café, cacao, té, manzana, peras, melocotones, cerezas, uvas, almendra, fresas, piña, plátano, anacardo, sorgo, algodón, triticale, guandul y tabaco. Especialmente interesantes son tomate, pepino, pimienta, lechuga, sandía, papaya, manzana, pera, melocotón, cereza, uva y fresa.

35 La horticultura puede tener lugar en un invernadero. La interfaz puede utilizarse especialmente en relación con la aplicación de la interfaz y/o el método en un invernadero. Cuando se utilizan en o con sistemas de iluminación, estos sistemas de iluminación pueden estar dispuestos en diferentes lugares en un sistema en crecimiento. Por ejemplo, el sistema de iluminación puede estar dispuesto entre la cosecha o entre la futura cosecha, cuya disposición se indica como "interiluminación". El crecimiento de la horticultura en los alambres, como las plantas de tomate, puede ser un campo específico de interiluminación que puede ser abordado con un sistema de iluminación. El sistema de
40 iluminación también puede disponerse sobre el cultivo o el futuro cultivo. Especialmente cuando la horticultura se cultiva en capas una sobre otra, es necesaria la iluminación artificial. La horticultura creciente en capas se denomina "crecimiento multicapa". También en el crecimiento multicapa, se puede aplicar la interfaz y/o el método.

45 La invención proporciona una nueva forma de controlar la iluminación artificial usada para estimular el crecimiento y desarrollo de la planta, una técnica que se conoce como iluminación para horticultura. En particular, hay dos ambientes hortícolas importantes en los que se utiliza la iluminación artificial. En primer lugar, los invernaderos aumentan los rendimientos de los cultivos utilizando la iluminación superior y la iluminación intratoldo, además de la luz del día. En segundo lugar, en los sistemas multicapa, los cultivos crecen principalmente sin la luz del día y, por tanto, dependen en gran medida de la iluminación artificial. Además, la invención se refiere a iluminación
50 fotoperiódica, por ejemplo para controlar la floración.

55 El término "substancialmente" utilizado en esta solicitud, tal como en "sustancialmente toda luz" o en "sustancialmente consiste", será entendido por el experto en la técnica. El término "sustancialmente" también puede incluir realizaciones con "enteramente", "completamente", "todos", etc. Por lo tanto, en las realizaciones, el adjetivo sustancialmente también puede ser eliminado. Cuando sea aplicable, el término "sustancialmente" también puede referirse al 90% o más, tal como 95% o más, especialmente 99% o más, aún más especialmente 99.5% o más, incluyendo 100%. El término "comprender" incluye también realizaciones en las que el término "comprende" significa "consiste en".

65 Además, los términos primero, segundo, tercero y similares en la descripción y en las reivindicaciones, se utilizan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir un orden secuencial o cronológico.

Debe entenderse que los términos así utilizados son intercambiables bajo circunstancias apropiadas y que las realizaciones de la invención descritas aquí son capaces de funcionar en otras secuencias que las descritas o ilustradas en la presente memoria.

- 5 Los dispositivos de la presente invención se describen, entre otros, durante la operación. Como quedará claro para el experto en la materia, la invención no se limita a métodos de funcionamiento o dispositivos en funcionamiento.

10 Debe observarse que las realizaciones antes mencionadas ilustran más que limitar la invención y que los expertos en la técnica serán capaces de diseñar muchas realizaciones alternativas sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, los signos de referencia colocados entre paréntesis no se interpretarán como limitantes de la reclamación. El uso del verbo "comprender" y sus conjugaciones no excluye la presencia de elementos o pasos distintos de los indicados en una reivindicación. El artículo "uno" o "una" que precede a un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de tales elementos. La invención puede ser implementada por medio de hardware que comprende varios elementos distintos, y por medio de un ordenador programado adecuadamente. En la reivindicación de dispositivo que enumera varios medios, varios de estos medios pueden ser incorporados por un mismo elemento de hardware. El mero hecho de que determinadas medidas se citen en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que no pueda utilizarse con ventaja una combinación de estas medidas.

20 La invención se aplica además a un dispositivo que comprende una o más de las características caracterizadoras descritas en la descripción y/o mostradas en los dibujos adjuntos. La invención se refiere además a un procedimiento o proceso que comprende una o más de las características caracterizadoras descritas en la descripción y/o mostradas en los dibujos adjuntos.

25 Los diversos aspectos discutidos en esta patente se pueden combinar para proporcionar ventajas adicionales. Además, algunas de las características pueden formar la base para una o más aplicaciones divisionales.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

30 A continuación se describirán realizaciones de la invención, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos en los que los símbolos de referencia correspondientes indican partes correspondientes y en los que:

35 La figura 1 representa esquemáticamente un ejemplo de un invernadero que comprende un sistema de control de clima e incluye un sistema de iluminación;

La figura 2 representa esquemáticamente una configuración de plantas en un invernadero con diferentes tipos de dispositivos de iluminación;

40 La figura 3 representa los espectros de acción de la planta fundamentales que se pueden usar en el cálculo del espacio de acción de horticultura;

45 Las Figuras 4-6 muestran proyecciones del espacio de acción de horticultura que muestran respectivamente McCree contra PSS, fototropina versus PSS y fototropina contra McCree, y las posiciones de varios dispositivos de iluminación en el espacio de acción de horticultura;

50 Las figuras 7-9 muestran secciones transversales del espacio de acción de horticultura con vistas perpendiculares sobre el plano (x, y), (y, z) y (x, z), respectivamente, mostrando nuevamente las posiciones de los diversos dispositivos de iluminación de las figuras 4-6.

55 Las figuras 10-15 muestran varios ejemplos de implementaciones de la interfaz, con la figura 10 mostrando una configuración básica de la interfaz acoplada funcionalmente a un sistema de iluminación, la figura 11 muestra la interfaz implementada en un ordenador climático en un invernadero, la figura 12 muestra la interfaz separada desde el ordenador climático, la figura 13 muestra la interfaz implementada en un dispositivo de control de iluminación, la figura 14 muestra la interfaz implementada en un sensor y la figura 15 muestra una realización de una configuración básica de una interfaz con una parte de interfaz de sistema de iluminación.

Los dibujos no son necesariamente a escala.

60 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

65 La figura 1 muestra esquemáticamente un ejemplo de un invernadero 1 con diversos sistemas. Tal invernadero 1 se describe, por ejemplo, en el documento US 8,061,080 del actual solicitante. Muestra un estado de la técnica de invernadero 1. Este invernadero 1 comprende un sistema climático. En esta realización, el sistema climático comprende un sistema 2 de alimentación para proporcionar agua y nutrientes, un sistema 3 de ventilación para proporcionar aire que tenga la composición adecuada (contenido de dióxido de carbono, por ejemplo) y a la

temperatura adecuada. Además, el sistema climático de este invernadero comprende un sistema 4, 5 de iluminación. En la realización de la figura 1, los componentes del sistema climático, es decir, el sistema 2 de alimentación, el sistema 3 de ventilación y el sistema 4, 5, de iluminación están acoplados de forma inalámbrica a través de transmisores 7 al transmisor 8 de un sistema 9 de control de clima. En esta realización, El invernadero comprende además sensores 6, por ejemplo para determinar condiciones de iluminación, temperatura, humedad. Estos sensores también están acoplados de forma inalámbrica a través de los transmisores 7 al sistema 9 de control de clima. En este invernadero, las plantas 11 están situadas en un sustrato 10.

En la realización de la figura 1, el sistema 4, 5 de iluminación comprende un sistema 4 de iluminación activo que comprende por ejemplo dispositivos de iluminación tales como dispositivos de iluminación incandescente tradicionales, pero también puede comprender dispositivos de iluminación LED. El sistema 4, 5 de iluminación comprende además en esta realización unos dispositivos 5 de iluminación pasiva, aquí unos medios de sombreado para reducir la cantidad de luz solar entrante.

La figura 2 muestra esquemáticamente un ejemplo de plantas 11 en un invernadero con diferentes tipos de dispositivos 4, 12 de iluminación que pueden estar presentes. Como tales, estos dispositivos de iluminación son conocidos por un experto en la materia. En primer lugar, el invernadero puede estar equipado con uno o más dispositivos 4 de iluminación tradicionales. Estos dispositivos de iluminación tradicionales pueden comprender un dispositivo 4 de iluminación basado en incandescencia. Este tipo de dispositivo de iluminación puede provenir de diversos fabricantes. Dependiendo del fabricante, incluso el mismo tipo de dispositivo de iluminación puede variar en el espectro de emisión. Además, un dispositivo de iluminación envejece, lo que también puede cambiar su espectro de emisión.

Además, pueden estar presentes dispositivos 12 de iluminación localizados como los dispositivos 12 de iluminación LED en un invernadero, variando desde dispositivos de iluminación que proporcionan iluminación local y dispositivos de iluminación que proporcionan iluminación general. Con los dispositivos 12 de iluminación LED, los espectros de emisión pueden variar y/o la intensidad luminosa total puede variar incluso más que con los dispositivos de iluminación tradicionales.

Además, el sistema de iluminación puede comprender uno o más dispositivos de sombreado 5, indicados en la figura 1. Esto también puede considerarse como un dispositivo de control para un dispositivo de iluminación particular, a saber, un dispositivo de iluminación natural, el sol.

La combinación de todos estos dispositivos de iluminación (y, de hecho, incluyendo el dispositivo de sombreado) cada uno con su propio espectro e intensidad de emisión hacen complejo para un productor proporcionar las condiciones de luz correctas a su cultivo en el momento adecuado.

En la presente invención, se tomaron varias medidas para llegar a un espacio de acción de horticultura que permite la comunicación con respecto a las condiciones de iluminación y que es lo más posible independiente de las propiedades espectrales exactas de los dispositivos de iluminación que están presentes en un invernadero.

Como ya se ha explicado, el espacio de cuatro dimensiones se puede definir como sigue. En primer lugar, se definen los siguientes valores:

$$W = \int_{300nm}^{800nm} I(\lambda) \cdot Pfr(\lambda) d\lambda$$

$$X = \int_{300nm}^{800nm} I(\lambda) \cdot Pr(\lambda) d\lambda$$

$$Y = \int_{300nm}^{800nm} I(\lambda) \cdot \text{Fotosíntesis}(\lambda) d\lambda$$

$$Z = \int_{300nm}^{800nm} I(\lambda) \cdot \text{Fotropina}(\lambda) d\lambda$$

Para utilizar estos valores, los espectros de acción explicados anteriormente se normalizan en primer lugar. En la figura 3, se trazan los espectros de acción normalizados. Cada espectro de acción se normaliza de tal manera que su valor máximo es 1. Para el espectro de acción $Pfr(\lambda)$, se utiliza la normalización del espectro de acción $Pr(\lambda)$, ya que estos espectros de acción en la práctica están interrelacionados.

Los valores W, X, Y, Z son normalizados en un espacio normalizado de 4 dimensiones:

$$w = \frac{W}{W + X + Y + Z}$$

$$x = \frac{X}{W + X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{W + X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{W + X + Y + Z}$$

En la comunicación de coordenadas de espacio de acción de horticultura, el valor de Y se comunica junto con x, y como un conjunto mínimo, o (w, x, y, z e Y) como un conjunto completo. A partir de las coordenadas del espacio de acción de horticultura, se pueden calcular diversas cantidades que se relacionan directamente con la acción de la planta. En estos cálculos se utiliza la intensidad luminosa total:

$$I = \int_{300nm}^{800nm} I(\lambda) d\lambda$$

$$PSS = \frac{X}{W + X}$$

Actividad relativa fotosintética = Y/I

Respuesta relativa fototropina = Z/I

En primer lugar, se proporcionan las figuras 4-6 para dar a los fisiólogos de las plantas más información sobre la naturaleza del espacio de acción de horticultura. En estas gráficas se representan varias fuentes de luz. El eje se elige para que las personas expertas en el campo puedan evaluar las posibles dimensiones del espacio de acción según su conocimiento. Por ejemplo, se traza el valor PSS. Este valor PSS se calcula como se definió anteriormente. Además, se traza un parámetro indicado con "McCree". De hecho, este es el valor Y, pero se normaliza a 1. Este valor proporciona una medida relativa de la cantidad de fotosíntesis. También se traza un parámetro "fototropina". De hecho, este valor es el valor Z definido anteriormente, nuevamente normalizado a 1. Además, se trazan puntos pequeños que se indican como "transferencia". Estos puntos representan los valores de las fuentes de luz monocromáticas virtuales, con un espectro rectangular con una anchura de 1 nm. En los gráficos, los contornos muestran las fuentes de luz físicamente posibles. Por lo tanto, el espacio fuera de los contornos no puede ser llenado con ninguna fuente de luz.

En la figura 4, los valores de McCree se trazan contra PSS para diferentes fuentes de luz. A este respecto, tal como se define en la bibliografía, $PSS = Pr/(Pr + Pfr)$. La Figura 5 muestra la fototropina frente a PSS, y la Figura 6 muestra la fototropina frente a McCree. Debe observarse que en particular el parámetro PSS introdujo la no linealidad. Por lo tanto, es difícil para una persona experta interpretar las distancias en los gráficos. Las Figuras 4-6 dan una idea del espacio de acción de horticultura. Muestra diferentes fuentes de luz entre sí, y su influencia sobre las plantas.

Las figuras 7-9 muestran vistas del espacio de acción de horticultura en el plano x, y, el plano y, z y el plano x, z. En estas vistas, se representan diversos dispositivos de iluminación existentes y teóricos. Los contornos muestran todos los valores posibles que se pueden hacer físicamente. Por lo tanto, puede ser producido cada punto dentro de esta área. Además, varios símbolos muestran las coordenadas del espacio de acción de horticultura de estos dispositivos de iluminación. A medida que se normaliza el espacio de acción de horticultura, se puede ver con relativa facilidad el efecto de los dispositivos de iluminación. Además, este espacio es lineal. Esto significa que, de hecho, se puede dibujar una línea entre las fuentes de luz, y cualquier punto en esta línea es una combinación de estas dos fuentes de luz. Y de hecho, todos estos puntos representan un efecto sobre las plantas de la combinación de las fuentes de luz. Además, la posición relativa en la línea incluso corresponde al número relativo de fuentes de luz. Por ejemplo, la mitad de una línea entre una fuente de luz A y una fuente de luz B significa el efecto de combinar un número igual de fuentes de luz A y B.

En las figuras 7-9, los puntos pequeños muestran nuevamente el efecto de las fuentes de luz monocromáticas en el espacio de acción de horticultura, el mismo que en las figuras 4-6.

En este ejemplo, considérense dispositivos de iluminación que se indican como "LED de rojo oscuro 660 nm", "LED de rojo lejano de 740 nm" y "LED azul de 450nm" en las figuras 7-9. Estos dispositivos de iluminación son de hecho fuentes casi monocromáticas. Las líneas ahora conectan estos diferentes dispositivos de iluminación. De hecho, estas líneas unían un triángulo en el plano (x, y). Usando estos tres dispositivos de iluminación, se pueden realizar todos los puntos en este triángulo, incluyendo las líneas. De hecho, la definición del espacio de acción de horticultura es tal que la posición en y sobre el triángulo corresponde a relaciones absolutas de los dispositivos de iluminación. Así, por ejemplo, la posición a medio camino de la línea que conecta "LED azul de 450nm" y "LED rojo oscuro de 660nm" corresponde con el uso de estos dispositivos de iluminación en una proporción de 1: 1, en relación con su producción absoluta.

En las figuras 10-15 se ilustran varias realizaciones posibles de la interfaz en dibujos esquemáticos. La figura 10 muestra una configuración básica de la interfaz 20 acoplada funcionalmente a un sistema 4, 12 de iluminación. La figura 11 muestra la interfaz 20 implementada en un ordenador 9 climático en un invernadero. La Figura 12 muestra la interfaz 20 separada del ordenador 9 climático. La Figura 13 muestra la interfaz 20 implementada en un dispositivo 24 de control de iluminación. La Figura 14 muestra una realización de la interfaz 20 implementada en un sensor. La figura 15 muestra una realización de una configuración básica de una interfaz con una parte de interfaz de sistema de iluminación.

En la realización de la figura 10, la interfaz 20 comprende una parte 23 de interfaz de receta de luz. La parte 23 de interfaz de receta de luz está adaptada para recibir una receta de luz. Dicha receta de luz comprende al menos un punto objetivo en un espacio de acción de horticultura. El punto objetivo en el espacio de acción de horticultura define una respuesta fisiológica deseada de la planta. La interfaz 20 está en su extremo de entrada acoplada funcionalmente a una base de datos 21 de recetas de luz que contiene una o más recetas 22 de luz. En su extremo de salida, la interfaz 20 está funcionalmente acoplada a uno o más sistemas 4, 12 de iluminación. A este respecto, la interfaz 20 se acoplará a menudo a través de una conexión cableada o inalámbrica.

En la realización de la figura 11, la interfaz 20 está instalada en el ordenador 9 climático. La interfaz 20 puede integrarse completamente en un software de control climático que se ejecuta en el ordenador 9 climático. Alternativamente, la interfaz 20 puede incorporarse a o agregarse a, aplicaciones que intercambian datos con el software de control climático. El ordenador 9 climático está funcionalmente acoplado a un sistema 4, 12 de iluminación, que comprende aquí una o más fuentes 25 emisoras de luz y un controlador 24 de iluminación. Tal controlador 24 de iluminación está aquí integrado en las fuentes emisoras de luz, pero pueden ser posibles otras implementaciones.

En una realización de la figura 12, la interfaz 20 se implementa separadamente del ordenador 9 climático. En esta realización, el ordenador 9 climático está funcionalmente acoplado a una base 21 de datos de receta de luz remota. El ordenador 9 climático está funcionalmente acoplado a la interfaz 20. La interfaz 20, a su vez, está acoplada funcionalmente a uno o más sistemas de iluminación, esquemáticamente indicados, que tienen una o más fuentes 25 de luz y un controlador 24 de iluminación. De hecho, en esta realización, la interfaz 20 está funcionalmente acoplada al controlador 24 de iluminación.

En la figura 13, se indica una realización en la que la interfaz 20 está integrada, de hecho, con el controlador 24 de iluminación. En una realización, comparten un alojamiento común.

En la figura 14, la interfaz 20 está funcionalmente acoplada a un sensor para medir uno o más parámetros de iluminación. De hecho, esta realización es una de muchas realizaciones posibles. En esta realización, el detector 26 para detectar la radiación luz ambiental está funcionalmente acoplado a una parte 27 de procesamiento. El detector 26 proporciona, por ejemplo, una señal representativa de al menos la intensidad de la luz. A menudo, dicha señal comprende intensidad en función de la longitud de onda: $I(\lambda)$.

En un sensor de estado de la técnica, la señal de salida puede proporcionarse a un ordenador 9 climático. En esta realización, el detector 26 está funcionalmente acoplado al dispositivo 27 de procesamiento para proporcionar datos de intensidad basados en longitud de onda. Estos datos se proporcionan al ordenador 9 climático. En esta realización, el dispositivo 27 de procesamiento también está funcionalmente acoplado a la interfaz 20. La interfaz 20 puede estar además funcionalmente acoplada al ordenador 9 climático y al sistema 4, 12 de iluminación.

En la figura 15, se ilustra otra realización de la interfaz 20. En esta realización, la interfaz 20 está provista de la parte 28 de interfaz de sistema de iluminación. La parte 28 de interfaz de iluminación recibe coordenadas de espacio de acción de horticultura y emite una señal de control S para controlar un controlador de iluminación (no mostrado).

Ejemplo

Un ejemplo del uso de una receta de luz está en el crecimiento de tulipanes como flores para corte. En este ejemplo, el crecimiento tuvo lugar en un invernadero en tres capas. El crecimiento tiene lugar entre las semanas 46 y 15 en un ambiente del hemisferio norte en un invernadero.

Las fuentes de luz son módulos de producción LED que tienen LEDs blancos o LEDs azules en combinación con LEDs rojos.

Unidad #1 LEDs rojo con blanco	Unidad #2 LED rojo con azul	
potencia total (normal 1W)	0,9981	1,0001
PSS (=X/(W+X))	0,76	0,78
McCree (Y)	0,89	0,90
Fototropina (Z)	0,11	0,11
X	0,32	0,36
Y	0,52	0,48
Z	0,065	0,058
nr de fotones rojo lejano (700-80 nm)	0,065	0,014
Nr de fotones rojo (600-700 nm)	3,67	4,61
nr de fotones PAR (400-700 nm)	5,02	5,23
nr de fotones azules (400-500 nm)	0,50	0,60
Para la unidad # 1: 5,0 μmol fotones es 1 W de potencia óptica y un Y de 0,89/m ²		
Para la unidad # 2: 5,2 μmol fotones es 1 W de potencia óptica y un Y de 0,9/m ²		

Es interesante ver que los valores PSS, Y y Z son casi los mismos para ambos tipos de lámparas. Esto significa, por tanto, que el efecto sobre las plantas es el mismo y que estos dos dispositivos son intercambiables aunque la composición espectral es totalmente diferente.

Así:

15-30 $\mu\text{mol/s/m}^2$ para la unidad # 1 = 3,0-6,0 W de potencia óptica/m², un valor de Y de 2,67-5,34, y un punto de acción de horticultura de (0,32, 0,52, 0,064).

15-30 $\mu\text{mol/s/m}^2$ para la unidad # 2 = potencia óptica de 2,9-5,8 W/m², un valor de Y de 2,61-5,22 y un punto de acción de horticultura de (0,36, 0,47, 0,058);

Ambas unidades tienen un punto de acción de horticultura diferente, pero los valores de PSS y la acción fototrópica son comparables bajo una intensidad de luz comparable. Por lo tanto, la respuesta de la planta será comparable. La diferencia puede ser que la unidad # 1 es menos eficiente de energía, requiriendo así una mayor potencia instalada.

Las fuentes de luz con el mismo punto de color y el valor Y tienen el mismo efecto sobre el crecimiento de las plantas, por lo que son comparables, pero otros factores como la mejor reproducción del color (para el ojo humano) necesaria para que el cultivador controle la salud de la planta o el consumo de energía de la lámpara y precio se pueden comparar ahora.

En este caso, una receta de luz puede ser:

Día 0-7: (x, y, z) = (0,36,0,47,0,058) e Y = 1,36 o (x, y, z) = (0,32, 0,52, 0,064) e Y = 1,56;

Día 8-14 luz del sol;

Día 15-21 (x, y, z) = (0,36,0,47,0,058) e Y = 2,72 o (x, y, z) = (0,32, 0,52, 0,064) e Y = 3,12.

Cálculo del flujo de fotones:

$$n(\text{total})[\mu\text{mol}] = 1 \cdot 10^{-6} \cdot \int_{300\text{nm}}^{800\text{nm}} I(\lambda) \cdot \frac{\lambda}{N_A \cdot h \cdot c} d\lambda$$

$$n(\text{PAR})[\mu\text{mol}] = 1 \cdot 10^{-6} \cdot \int_{400\text{nm}}^{700\text{nm}} I(\lambda) \cdot \frac{\lambda}{N_A \cdot h \cdot c} d\lambda$$

$$n(\text{rojo lejano})[\mu\text{mol}] = 1 \cdot 10^{-6} \cdot \int_{700\text{nm}}^{800\text{nm}} I(\lambda) \cdot \frac{\lambda}{N_A \cdot h \cdot c} d\lambda$$

$$n(\text{rojo})[\mu\text{mol}] = 1 \cdot 10^{-6} \cdot \int_{600\text{nm}}^{700\text{nm}} I(\lambda) \cdot \frac{\lambda}{N_A \cdot h \cdot c} d\lambda$$

$$n(\text{azul})[\mu\text{mol}] = 1 \cdot 10^{-6} \cdot \int_{400\text{nm}}^{500\text{nm}} I(\lambda) \cdot \frac{\lambda}{N_A \cdot h \cdot c} d\lambda$$

(NA = número de Avogadro, h = constante de Planck, c es velocidad de la luz)

5 También quedará claro que la descripción anterior y los dibujos se incluyen para ilustrar algunas realizaciones de la invención, y no para limitar el alcance de la protección. Partiendo de esta descripción, serán más evidentes para un experto en la técnica muchas más realizaciones. El alcance de la protección y la esencia de esta invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

10

REIVINDICACIONES

1. Una interfaz para convertir una respuesta fisiológica vegetal deseada en instrucciones de control para al menos un sistema de iluminación que tiene al menos una propiedad de iluminación ajustable, caracterizada porque comprende:
5 un receptor para recibir una respuesta fisiológica deseada de la planta;
un procesador funcionalmente acoplado a dicho receptor para convertir dicha respuesta fisiológica vegetal deseada en dichas instrucciones de control, y
10 un transmisor, funcionalmente acoplado a dicho procesador, para transmitir dichas instrucciones de control, en la que dicha respuesta fisiológica deseada de la planta se define como un punto fijado en un espacio de acción de horticultura multidimensional, estando dicho espacio de acción de horticultura multidimensional representado por al menos dos dimensiones seleccionadas de una primera dimensión representativa para una acción de fotosíntesis deseada, una segunda dimensión representativa de una acción de fototropina deseada, una tercera dimensión representativa para una acción de fitocromo Pr deseada y una cuarta dimensión representativa para una acción de fitocromo Pfr deseada,
15 en la que dicho procesador está funcionalmente acoplado a una memoria que comprende una descripción de un subespacio del espacio de acción de horticultura multidimensional que representa puntos en el espacio de acción de horticultura multidimensional que son convertibles en instrucciones de control ejecutables por un sistema de iluminación y
20 en la que dicho procesador está adaptado para mapear dicho punto fijado a un punto objetivo en dicho subespacio y determinar instrucciones de control correspondientes para un sistema de iluminación.
2. La interfaz de la reivindicación 1, en la que dicha respuesta fisiológica deseada de la planta se define como un punto fijado en un espacio de acción de horticultura multidimensional, estando dicho espacio de acción de horticultura multidimensional representado por uno de
25 (i) un primer sistema de coordenadas que comprende al menos una primera dimensión representativa para una acción de fotosíntesis deseada y una segunda dimensión representativa para una acción de fototropina deseada;
30 (ii) un segundo sistema de coordenadas que comprende al menos una primera dimensión representativa para una acción de fotosíntesis deseada, una segunda dimensión representativa para una acción de fitocromo Pr deseada y una tercera dimensión representativa para una acción de fitocromo Pfr deseada; y
35 (iii) un tercer sistema de coordenadas que comprende por lo menos una primera dimensión representativa para una acción de fototropina deseada, una segunda dimensión representativa para una acción de fitocromo Pr deseada y una tercera dimensión representativa para una acción de fitocromo Pfr deseada.
3. La interfaz de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho procesador está adaptado para mapear dicho punto fijado en dicho subespacio con base en al menos un criterio de optimización.
40
4. La interfaz de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que dicho espacio de acción de horticultura multidimensional comprende al menos una primera dimensión representativa para una acción de fotosíntesis deseada, una segunda dimensión representativa para una acción de fototropina deseada, una tercera dimensión representativa para una acción de fitocromo Pr deseada, y una cuarta dimensión representativa para una acción de fitocromo Pfr deseada.
45
5. La interfaz de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho espacio de acción de horticultura multidimensional comprende una dimensión adicional, siendo dicha dimensión adicional representativa de una acción de apertura de estomas deseada.
50
6. La interfaz de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que dicho receptor está adaptado adicionalmente para recibir una receta de luz para horticultura que comprende al menos una etiqueta para identificar un tipo de planta, al menos una respuesta fisiológica vegetal deseada y un calendario para dicha al menos una respuesta fisiológica vegetal deseada, con dicha al menos una respuesta fisiológica vegetal deseada representada como al menos una coordenada de acción de horticultura.
55
7. La interfaz de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho receptor está adaptado adicionalmente para recibir una definición del sistema de iluminación que comprende una identificación del sistema de iluminación con instrucciones de control asociadas para ejecutar respuestas fisiológicas de la planta definidas como puntos que definen dicho subespacio en dicha zona multidimensional de horticultura, y cuyas instrucciones de
60

control son ejecutables por dicho sistema de iluminación, y dicho receptor está adaptado para proporcionar una definición del sistema de iluminación a dicha memoria.

8. La interfaz de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dicho receptor está además adaptado para recibir un valor de sensor representativo para un espectro de luz detectado, y en el que el procesador está además adaptado para mapear dicho valor de sensor a un punto detectado en dicho espacio de acción de horticultura multidimensional.

9. La interfaz de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además una pantalla, acoplada funcionalmente a dicho procesador, para mostrar el subespacio de dicho al menos un sistema de luz con relación al espacio de acción de horticultura, o para mostrar proyecciones de la misma, preferiblemente la pantalla muestra adicionalmente al menos uno de dicho punto fijado y dicho punto objetivo en relación con dicho espacio secundario, de proyecciones del mismo.

10. Un sistema de horticultura, que comprende una interfaz de iluminación para horticultura de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, al menos un sistema de iluminación y un sistema de control de clima, en el que la interfaz está funcionalmente acoplada con un sistema de control de clima para proporcionar al menos una respuesta fisiológica vegetal deseada a dicha interfaz y además funcionalmente acoplada con un sistema de iluminación para recibir instrucciones de control desde dicha interfaz y para proporcionar luz mapeada a dicha al menos una respuesta fisiológica deseada de la planta.

11. Un sistema de horticultura, que comprende la interfaz de iluminación para horticultura de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1-9, y un sistema de gestión de recetas de luz para horticultura, adaptado para proporcionar una receta de luz para horticultura que comprende al menos una etiqueta para identificar un tipo de planta, al menos una respuesta fisiológica deseada de la planta definida como al menos un punto fijado en dicho espacio de acción de horticultura multidimensional, un programa de tiempo para dicha al menos una respuesta fisiológica vegetal deseada, en el que dicha interfaz está funcionalmente acoplada a dicho sistema de gestión de receta de luz para horticultura para recibir dicha receta de la luz para horticultura.

12. Un sistema de horticultura que comprende la interfaz de iluminación para horticultura de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1-9, que comprende además un sistema de gestión de iluminación que comprende un repositorio de definiciones de sistema de iluminación, comprendiendo, cada una, una identificación de sistema de iluminación con instrucciones de control asociadas para ejecutar respuestas fisiológicas de plantas definidas como puntos que definen dicho subespacio en dicho espacio de acción de horticultura multidimensional, y en el que dicha interfaz está funcionalmente acoplada a dicho sistema de gestión de iluminación para acceder a dicho repositorio.

13. Un sensor para proporcionar un valor de sensor representativo para un espectro de luz detectado, en el que dicho sensor está funcionalmente acoplado a una interfaz de sensor para convertir dicho valor de sensor en una respuesta fisiológica estimada de planta, comprendiendo dicha interfaz de sensor:

un receptor para recibir un valor de sensor;

un procesador acoplado funcionalmente a dicho receptor para convertir dicho valor de sensor en dicha respuesta fisiológica estimada de planta, y

un transmisor, funcionalmente acoplado a dicho procesador para transmitir dicha respuesta fisiológica estimada de la planta,

en el que dicha respuesta fisiológica estimada de la planta se define como un punto de estimación en un espacio de acción de horticultura multidimensional, estando dicho espacio de acción de horticultura multidimensional representado por uno de

(i) un primer sistema de coordenadas que comprende al menos una primera dimensión representativa para una acción de fotosíntesis deseada y una segunda dimensión representativa para una acción de fototropina deseada;

(ii) un segundo sistema de coordenadas que comprende al menos una primera dimensión representativa para una acción de fotosíntesis deseada, una segunda dimensión representativa para una acción de fitocromo Pr deseada y tercera dimensión representativa para una acción de fitocromo Pfr deseada; y

(iii) un tercer sistema de coordenadas que comprende por lo menos una primera dimensión representativa para una acción de fototropina deseada, una segunda dimensión representativa para una acción de fitocromo Pr deseada y tercera dimensión representativa para una acción de fitocromo Pfr deseada;

en el que dicho procesador está adaptado para mapear dicho valor de sensor a dicho punto de estimación.

14. Un método para convertir una respuesta fisiológica vegetal deseada en instrucciones de control para al menos un sistema de iluminación que tiene al menos una propiedad de iluminación ajustable, comprendiendo dicho método:

5 recibir una respuesta fisiológica vegetal deseada, en el que dicha respuesta fisiológica vegetal deseada se define como un punto fijado en un espacio de acción de horticultura multidimensional, estando dicho espacio de acción de horticultura multidimensional representado por uno de

10 (i) un primer sistema de coordenadas que comprende al menos una primera dimensión representativa para una acción de fotosíntesis deseada y una segunda dimensión representativa para una acción de fototropina deseada;

(ii) un segundo sistema de coordenadas que comprende al menos una primera dimensión representativa para una acción de fotosíntesis deseada, una segunda dimensión representativa para una acción de fitocromo Pr deseada y una tercera dimensión representativa para una acción de fitocromo Pfr deseada; y

15 (iii) un tercer sistema de coordenadas que comprende por lo menos una primera dimensión representativa para una acción de fototropina deseada, una segunda dimensión representativa para una acción de fitocromo Pr deseada y una tercera dimensión representativa para una acción de fitocromo Pfr deseada;

20 convirtiendo dicha respuesta fisiológica vegetal deseada en instrucciones de control, comprendiendo la conversión el mapeo de dicho punto fijado a un punto objetivo en un subespacio del espacio de acción de horticultura multidimensional y determinando instrucciones de control correspondientes para dicho al menos un sistema de iluminación, en el que dicho subespacio comprende puntos en el espacio de acción de horticultura multidimensional que son convertibles en instrucciones de control para dicho al menos un sistema de iluminación y ejecutables por dicho al menos un sistema de iluminación; y

25 transmitir dichas instrucciones de control a dicho al menos un sistema de iluminación.

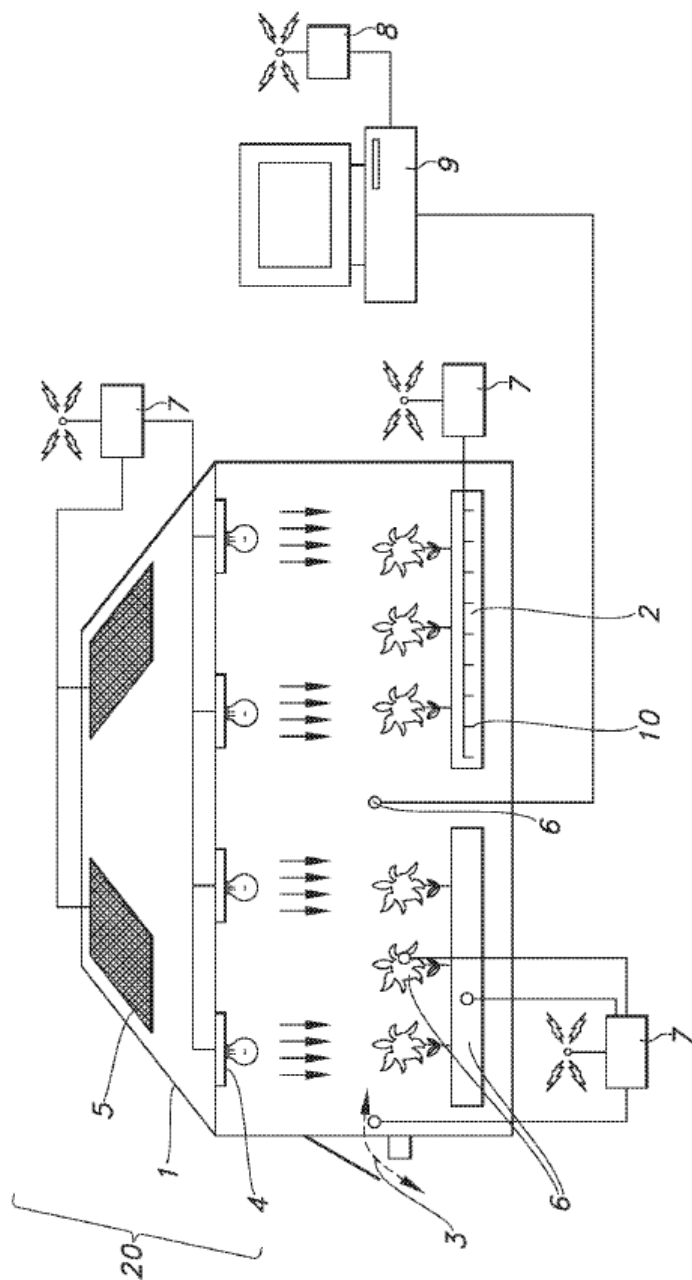


FIG. 1

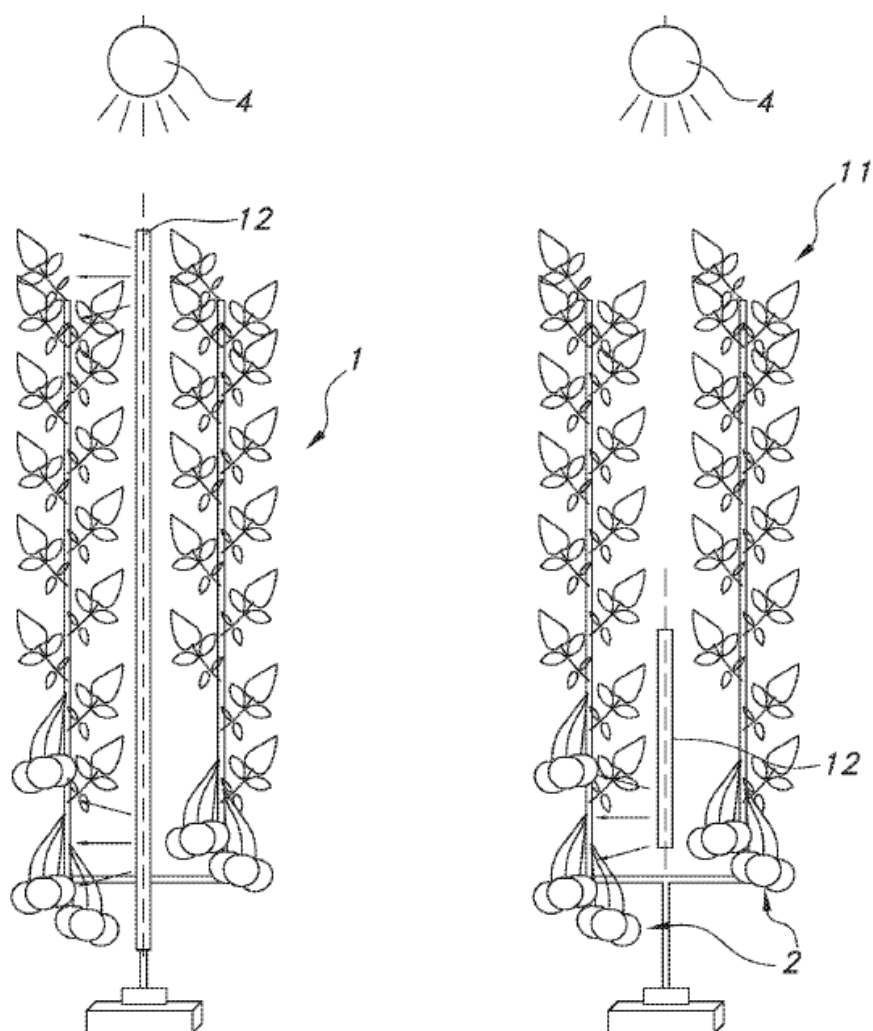


FIG. 2

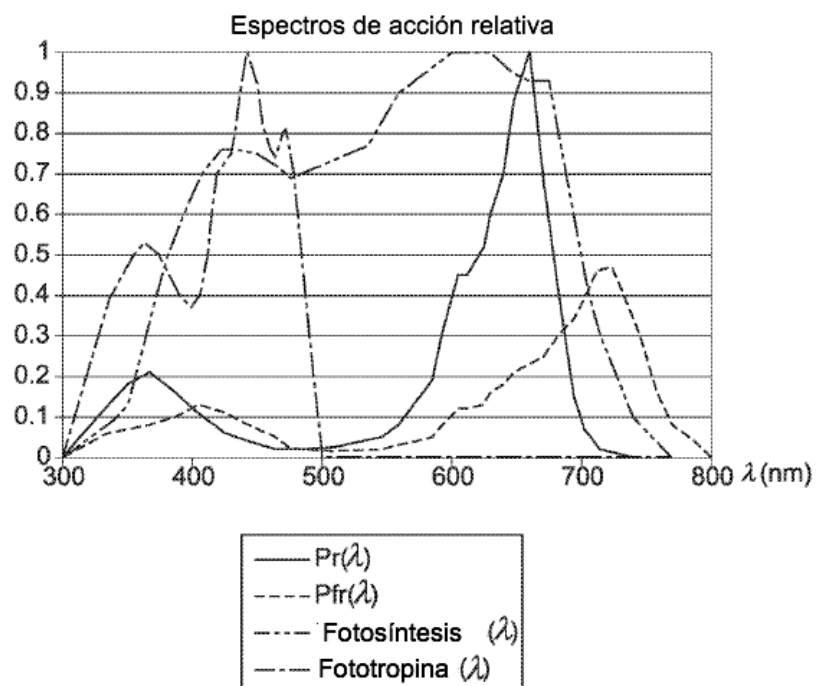
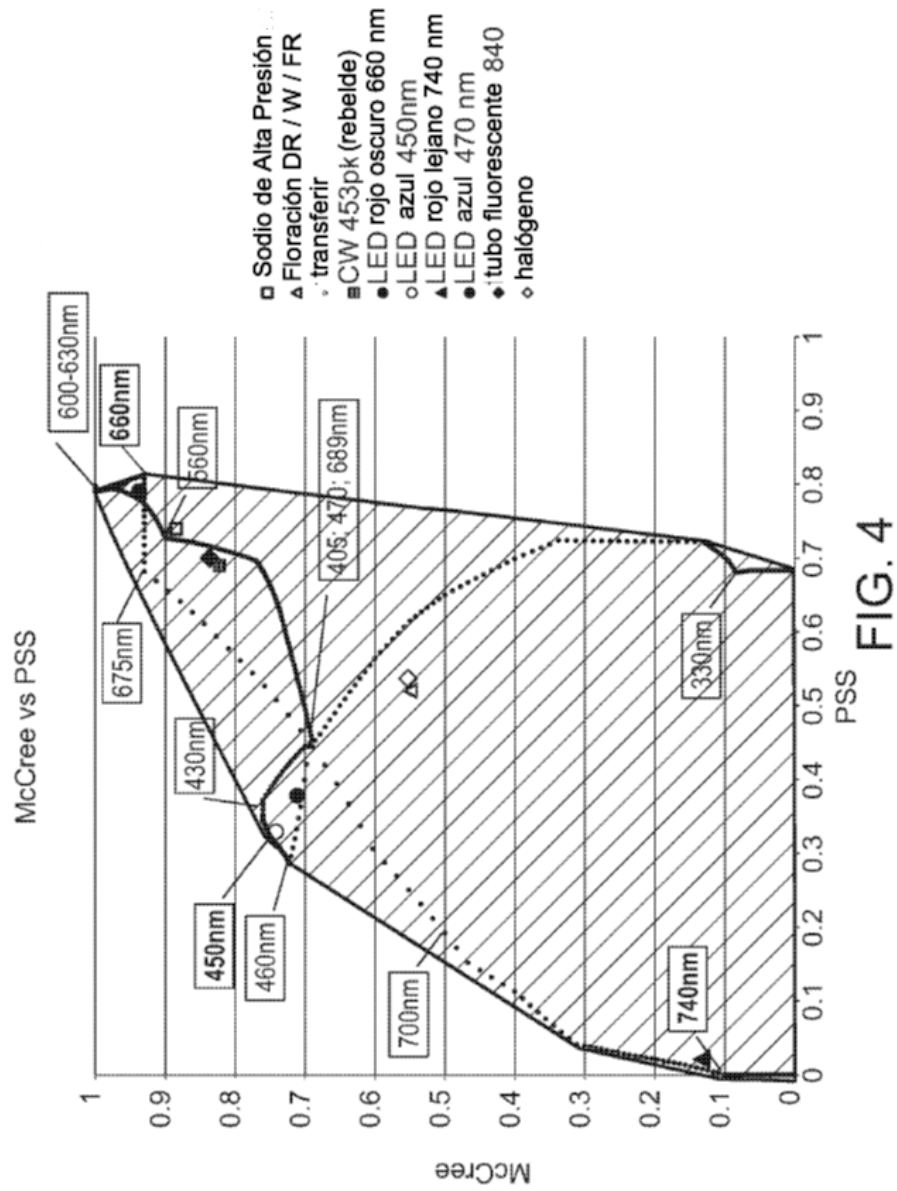
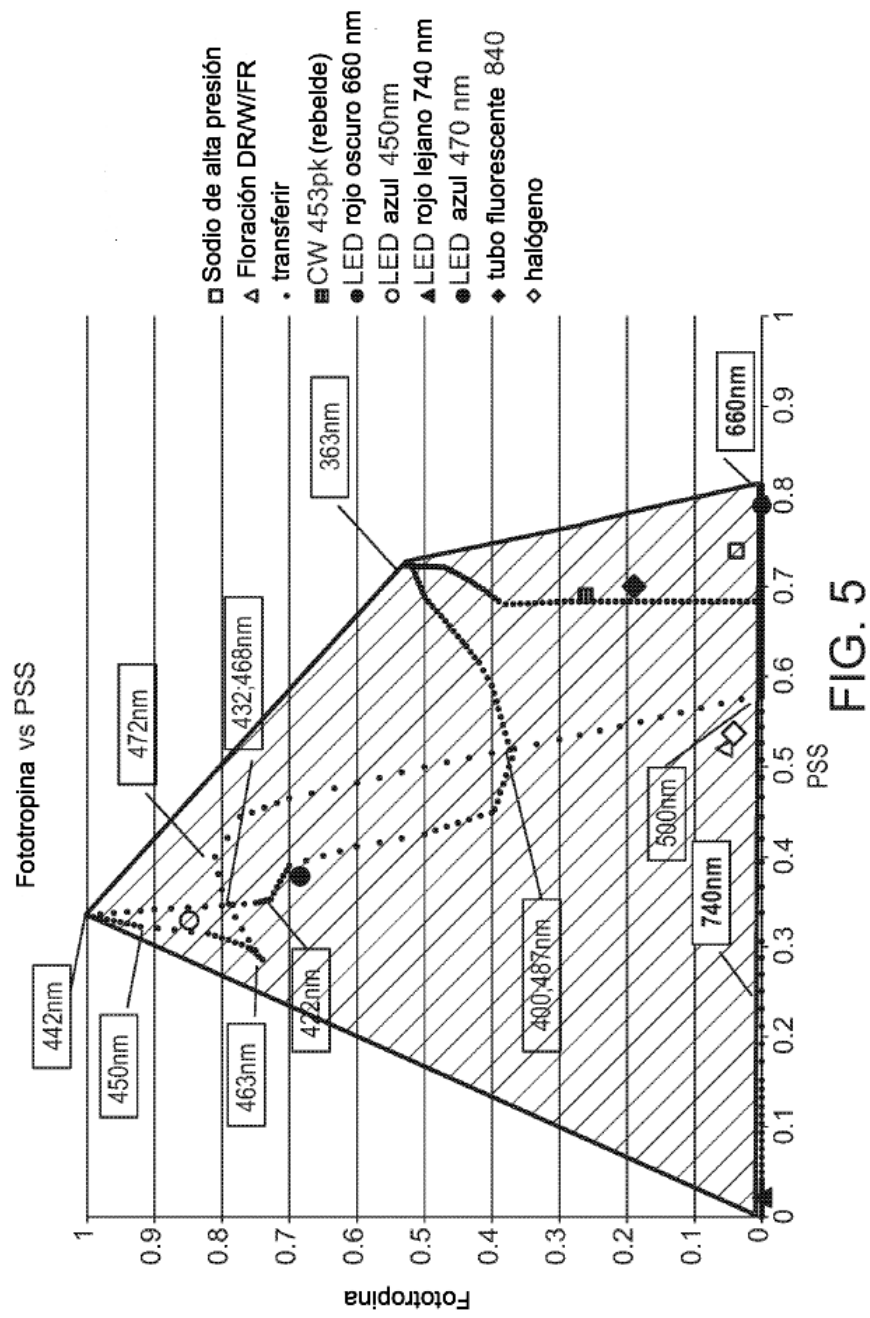
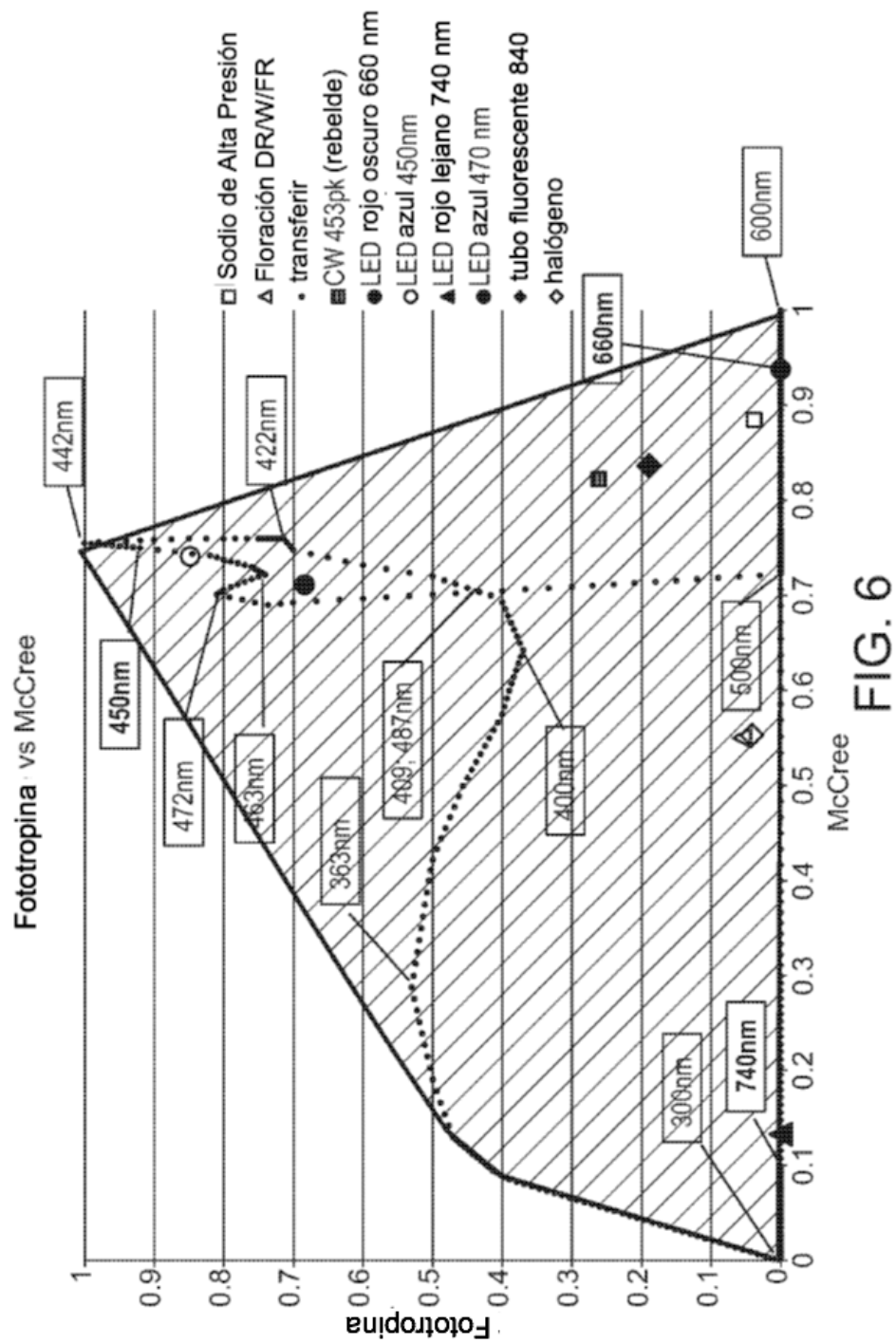


FIG. 3







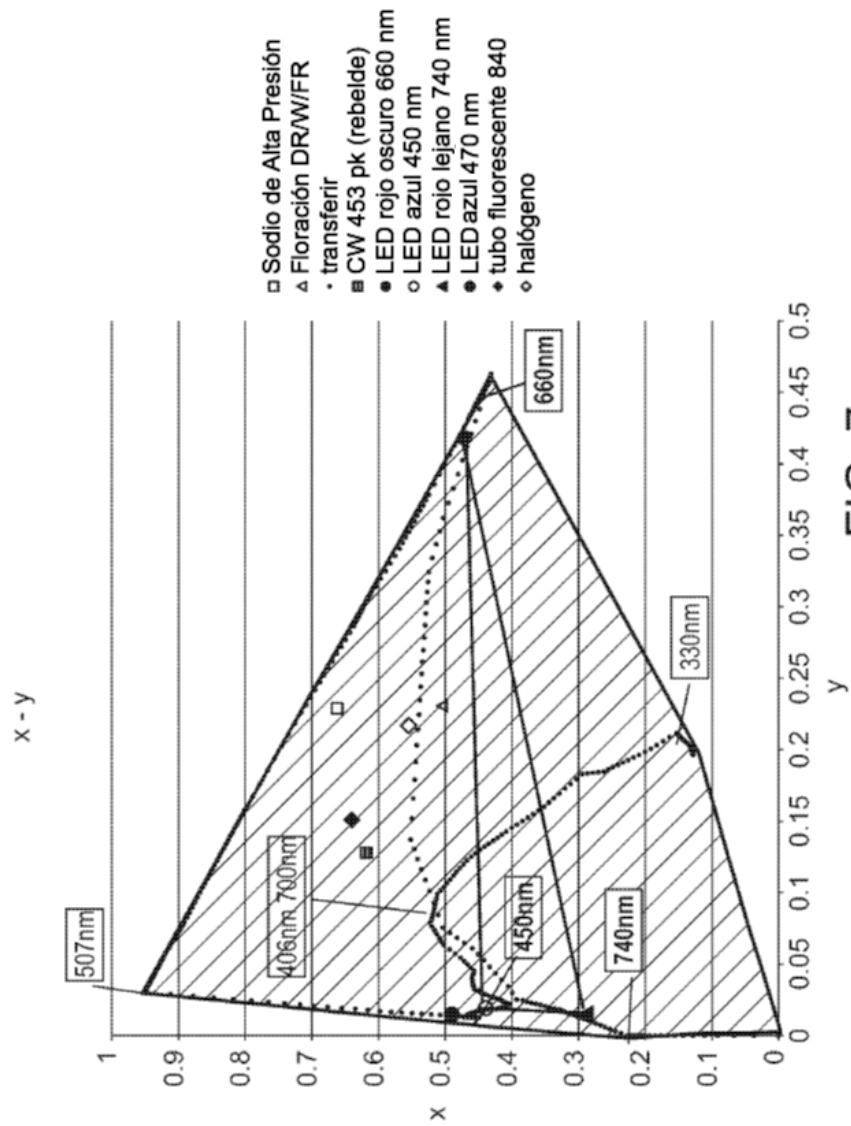


FIG. 7

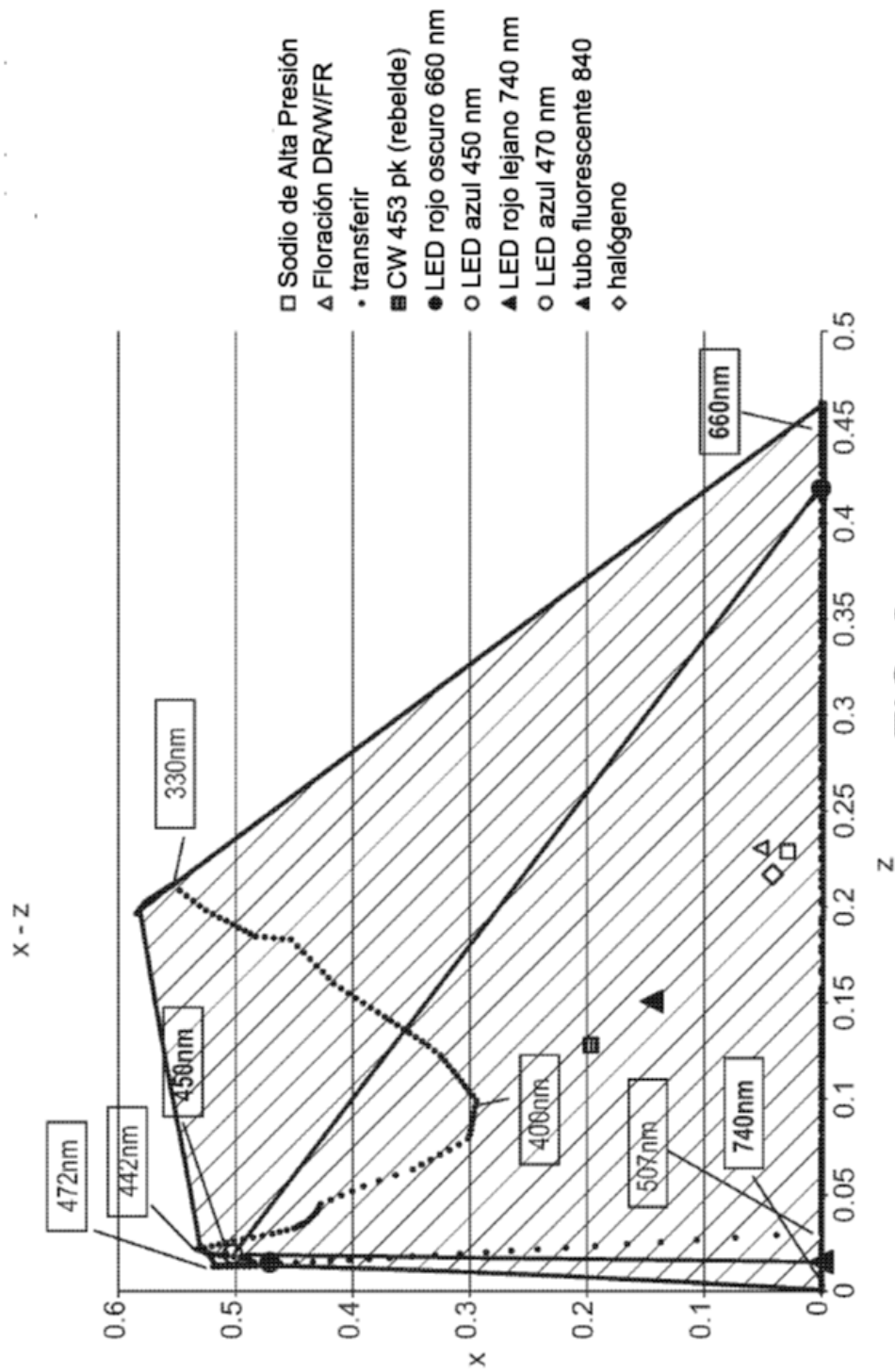


FIG. 8

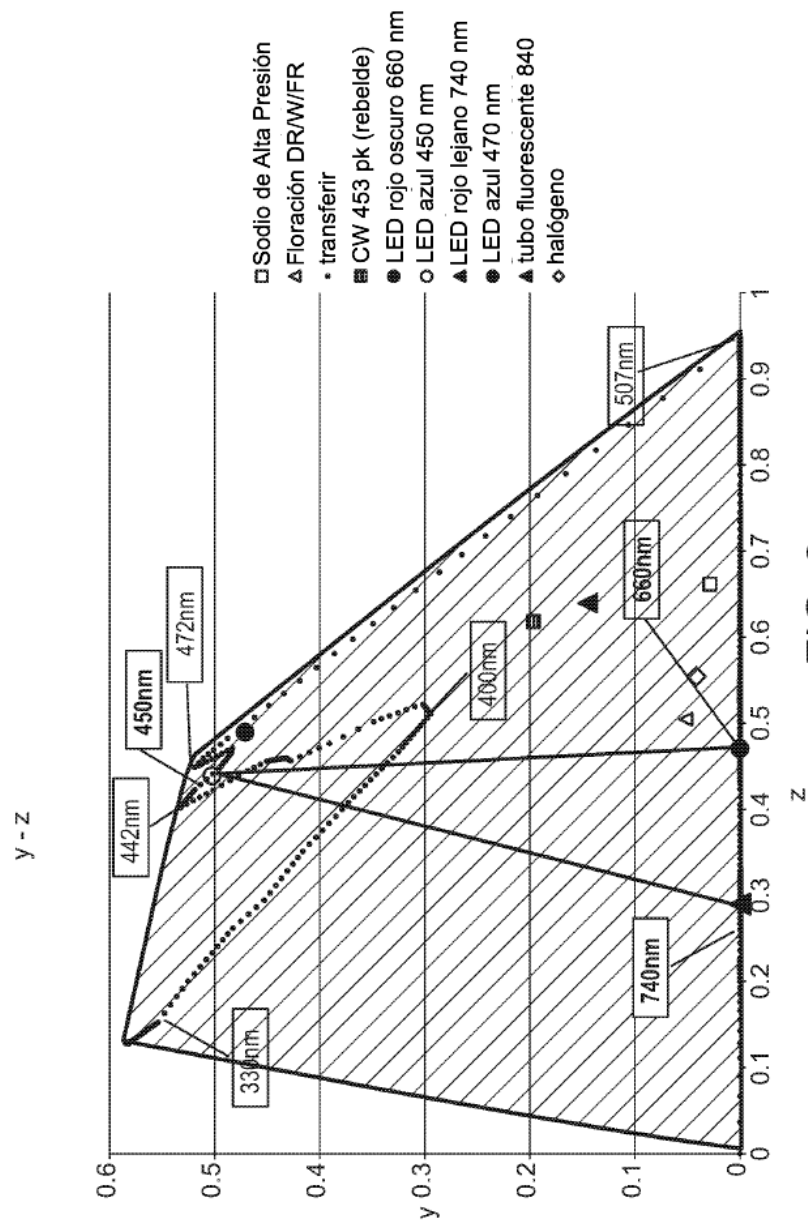


FIG. 9

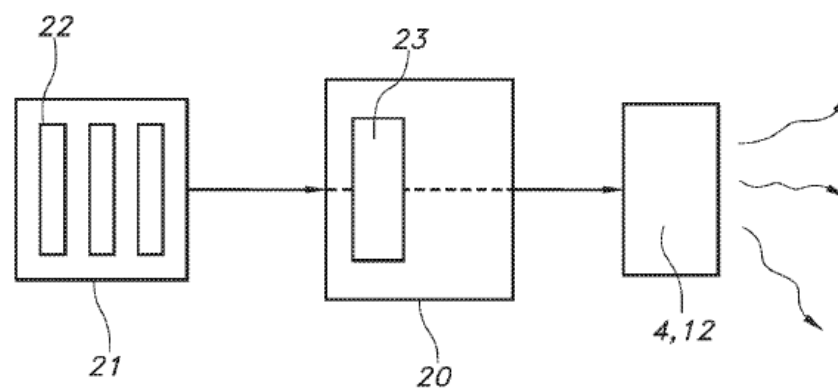


FIG. 10

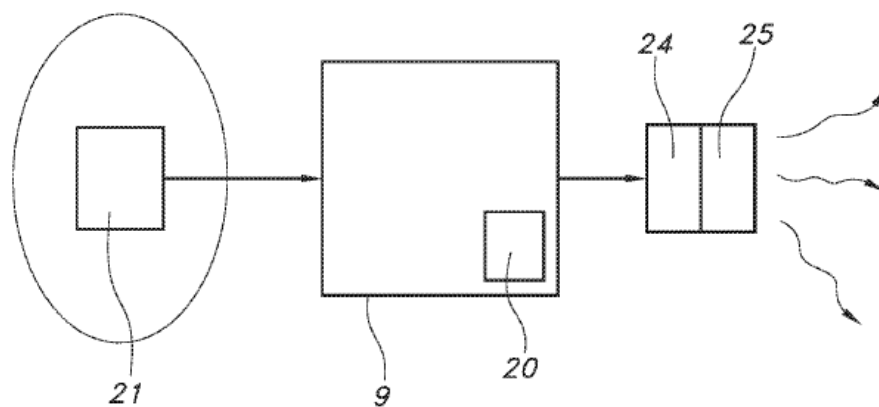


FIG. 11

