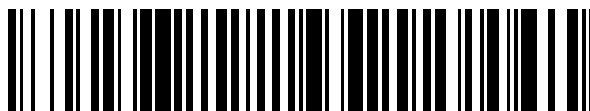


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 956**

51 Int. Cl.:

A01G 7/04 (2006.01)

A01G 9/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.06.2015 PCT/EP2015/062662**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.12.2015 WO15189123**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2015 E 15727653 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 3154333**

54 Título: **Un método para controlar un sistema de cultivo de plantas con luz artificial**

30 Prioridad:

12.06.2014 EP 14172157

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

06.03.2019

73 Titular/es:

SIGNIFY HOLDING B.V. (100.0%)

High Tech Campus 48

5656 AE Eindhoven, NL

72 Inventor/es:

KRIJN, MARCELLINUS PETRUS CAROLUS

MICHAEL y

ONAC, GABRIEL-EUGEN

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 702 956 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

Un método para controlar un sistema de cultivo de plantas con luz artificial.

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método para controlar un sistema de cultivo de plantas con luz artificial. La presente invención también se refiere a un programa de ordenador que comprende instrucciones que, cuando son ejecutadas por al menos un procesador, hacen que se realice el método, un controlador para controlar un sistema de cultivo de plantas con luz artificial, y un sistema de cultivo de plantas con luz artificial.

Antecedentes de la invención

Se conocen sistemas de cultivo de plantas que comprenden una fuente de luz para suministrar luz artificial a una planta que se cultiva en el sistema de cultivo de plantas. La fuente de luz facilita el cultivo de la planta durante los períodos en que hay niveles bajos de luz natural, por ejemplo, debido a variaciones estacionales en los niveles de luz natural.

El documento WO 2013/089825 divulga un dispositivo que tiene una fuente de luz para ayudar al cultivo de una planta, en el que el consumo de energía de la fuente de luz varía de acuerdo con la tasa de electricidad. El consumo de energía de la fuente de luz aumenta cuando la tasa de electricidad es baja para reducir el coste de cultivo de la planta. Sin embargo, esto puede hacer que el cultivo de la planta se acelere de tal manera que madure y esté lista para la cosecha en un momento en que ya existe una gran cantidad de ese tipo de planta en el mercado, en cuyo caso la planta es superflua para los requisitos y puede ser desperdiciada.

El documento US 2005/0252078 divulga un método y un sistema para optimizar la producción de la planta de manera rentable. El sistema comprende un procesador que controla recursos como la iluminación y el dióxido de carbono. El procesador recibe una tasa de producción de la planta deseada y determina las cantidades de cada recurso para gastar de acuerdo con los objetivos de producción de la planta y los costes de los recursos.

Sumario de la invención

Es un objeto de la invención proporcionar un método para controlar un sistema de cultivo de plantas con luz artificial, un programa de ordenador que comprende instrucciones que, cuando son ejecutadas por al menos un procesador, hacen que se realice el método, un controlador para controlar un sistema de cultivo de plantas con luz artificial, y/o un sistema de cultivo de plantas con luz artificial que alivie o supere sustancialmente los problemas mencionados anteriormente.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método para controlar un sistema de cultivo de plantas con luz artificial de acuerdo con la reivindicación 1 adjunta, que comprende recibir información indicativa de una demanda de producción de un tipo de planta para cultivar en el sistema de cultivo de plantas con luz artificial e información indicativa de un suministro de energía para una fuente de luz del sistema de cultivo de plantas con luz artificial, y el control del funcionamiento de la fuente de luz de un ambiente de cultivo de plantas del sistema de cultivo de plantas con luz artificial en función de la información recibida para que la tasa de producción de una planta de dicho tipo de planta que se cultiva en el sistema frente a la demanda de producción y el suministro de energía sea optimizado.

Con este método es posible hacer el uso más efectivo de la tasa de producción, por ejemplo, reduciendo la tasa de producción cuando la demanda del tipo de planta que se está cultivando es bajo para reducir los desechos causados por la producción excesiva del tipo de planta y reducir la tasa de producción cuando la demanda de energía es alta para reducir la carga máxima en el suministro de energía. Además, es posible acelerar la tasa de producción cuando la demanda del tipo de planta que se cultiva es alta y cuando la demanda de energía es baja.

La información indicativa del suministro de energía puede ser el coste de la energía o la demanda de suministro de energía, que puede proporcionarse en una variedad de métodos, incluida una relación de demanda de suministro de energía, o información indicativa de la demanda de suministro de energía basada en el coste de los suministros de energía disponibles. Por lo tanto, es posible reducir la carga máxima en el suministro de energía usando energía eléctrica para alimentar la fuente de luz cuando se recibe información de que la demanda de energía eléctrica del suministro de energía es baja. El suministro de energía proporciona energía a la fuente de luz y puede ser, por ejemplo, una red de distribución de electricidad o una batería. En una realización alternativa, el suministro de energía es un combustible, por ejemplo, propano o metano, que se puede usar para generar electricidad a nivel local para alimentar la fuente de luz. En una de tales realizaciones, el coste del suministro de energía disponible es el coste del combustible.

El método puede comprender además referirse a uno o más parámetros específicos del tipo de planta dependiendo del tipo de planta que se va a cultivar, y controlar el funcionamiento de la fuente de luz dependiendo de uno o más parámetros específicos del tipo de planta.

Por lo tanto, es posible controlar el cultivo de una planta en el ambiente de cultivo de plantas en función del tipo de planta que se va a cultivar. Por lo tanto, el método puede ayudar a maximizar la eficiencia al ajustar el funcionamiento de la fuente de luz en función del tipo de planta específica que se está cultivando.

5 El o uno de los parámetros específicos del tipo de planta puede ser un nivel mínimo de exposición a la luz que se debe suministrar a una planta de dicho tipo de planta.

10 Por lo tanto, es posible garantizar que se proporcione un suministro adecuado de luz para mantener la vida útil de la planta en función de la información indicativa del tipo de planta. Por lo tanto, el método permite limitar el cultivo de la planta que se va a cultivar para evitar el desperdicio, al tiempo que evita que la planta muera y, por lo tanto, evita el desperdicio de la planta.

15 El o uno de los parámetros específicos del tipo de planta puede ser un nivel máximo de exposición a la luz que se suministrará a una planta de dicho tipo de planta.

20 El o uno de los parámetros específicos de la planta puede ser un período mínimo de funcionamiento de la fuente de luz a un nivel mínimo. El nivel mínimo puede ser el nivel de luz requerido para que las plantas procesen los asimilados acumulados durante la fotosíntesis o para inducir la floración en las plantas. En una realización, la fuente de luz no emite luz cuando se opera en el nivel mínimo. El o uno de los parámetros específicos de la planta puede ser un nivel de intensidad de la fuente de luz.

25 Esto significa que es posible programar un período de oscuridad obligatorio para las plantas. Esto permite que las plantas que se cultivan cuenten con un período para procesar los asimilados acumulados durante un período en el que funciona la fuente de luz, o se opera a un nivel de intensidad más alto. Al ajustar los parámetros del período de oscuridad obligatorio en función del tipo de planta, es posible maximizar la eficiencia del cultivo de la planta y controlar con mayor precisión el cultivo de la planta en el ambiente de cultivo de la planta. Maximizar la eficiencia del cultivo de la planta reduce la cantidad total de energía que se debe suministrar a la fuente de luz para hacer crecer la planta y, por lo tanto, reduce el impacto ambiental y el coste de producción de la planta. En una realización, las plantas del sistema de cultivo con luz artificial están aisladas de la luz natural. Esto permite que el período de oscuridad sea completamente independiente de la hora del día.

30 El método puede comprender además controlar el funcionamiento de la fuente de luz para ajustar la tasa de cultivo de dicha planta controlando el perfil de espectro de luz de la luz suministrada a las plantas por la fuente de luz.

35 El método puede comprender además controlar el nivel de CO₂ en el ambiente de cultivo de plantas del sistema de cultivo de plantas con luz artificial en función del funcionamiento determinado de la fuente de luz. El método puede comprender además controlar la temperatura en el ambiente de cultivo de plantas del sistema de cultivo de plantas con luz artificial en función del funcionamiento determinado de la fuente de luz.

40 Este método proporciona la eficiencia de uso luz de la planta para ser maximizada. Se ha encontrado que el cultivo de una planta en respuesta a la exposición a la luz depende también del nivel de CO₂ y de la temperatura en el ambiente de cultivo de la planta. Al controlar uno o ambos de los niveles de CO₂ y la temperatura en el ambiente de cultivo de la planta, es posible controlar con mayor precisión la tasa de crecimiento de una planta en el ambiente de cultivo de la planta dependiendo del tipo de planta.

45 El método puede comprender además detectar una condición ambiental del ambiente de cultivo de la planta y controlar el funcionamiento de la fuente de luz en función de la condición ambiental detectada. La condición ambiental puede ser uno o más de un nivel de CO₂ y un nivel de temperatura. El método puede comprender además ajustar el funcionamiento de la fuente de luz cuando se detecta una condición ambiental deseada en el ambiente de cultivo de la planta.

50 Con lo anterior es posible coordinar el funcionamiento de la fuente de luz con la condición ambiental en el ambiente de cultivo de la planta. Se apreciará que la tasa de cambio de algunas condiciones ambientales, como la temperatura y los niveles de CO₂, es mucho menor que la tasa de cambio de funcionamiento de una fuente de luz. Por lo tanto, es posible operar la fuente de luz dependiendo de una o más condiciones ambientales para maximizar la eficiencia de funcionamiento del sistema de cultivo de la planta.

55 El funcionamiento de la fuente de luz en función de la información recibida puede promulgarse un período de tiempo predeterminado después de un cambio en la temperatura y/o el nivel de dióxido de carbono debido, por ejemplo, a la capacidad térmica del aire en el sistema de cultivo de la planta y el tiempo necesario para agregar o eliminar el dióxido de carbono del sistema de cultivo de la planta.

60 El método puede comprender además controlar la funcionamiento de al menos una primera fuente de luz de un primer ambiente de cultivo de plantas para tener un período de funcionamiento a un nivel de intensidad de luz mínimo y una segunda fuente de luz de un segundo ambiente de cultivo de plantas para tener un período de funcionamiento a un nivel de intensidad de luz mínimo, que opera al menos la primera y la segunda fuente de luz de modo que el período

de funcionamiento de la primera fuente de luz a un nivel de intensidad de luz mínimo se compensa con el período de funcionamiento de la segunda fuente de luz a un nivel de intensidad de luz mínimo. El nivel mínimo de intensidad de luz puede ser el nivel de luz requerido para que las plantas procesen los asimilados acumulados durante la fotosíntesis o para inducir la floración en las plantas. En una realización, la fuente de luz no emite luz cuando se opera en el nivel mínimo.

Con este método es posible distribuir la energía requerida entre múltiples ambientes de cultivo de plantas. Por lo tanto, es posible minimizar el consumo de energía al minimizar los requisitos de potencia máxima. Además, es posible minimizar el tamaño y la cantidad de componentes necesarios para operar dos o más ambientes de cultivo de plantas.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para controlar un sistema de cultivo de plantas con luz artificial, que comprende controlar el funcionamiento de al menos una primera fuente de luz de un primer ambiente de cultivo de plantas para tener un período de funcionamiento a un nivel de intensidad de luz mínimo y una segunda fuente de luz de un segundo ambiente de cultivo de plantas para tener un período de funcionamiento a un nivel de intensidad de luz mínimo, y operar al menos la primera y la segunda fuentes de luz para que el período de funcionamiento de la primera fuente de luz a un nivel de intensidad de luz mínimo se compensa con el período de funcionamiento de la segunda fuente de luz a un nivel de intensidad de luz mínimo. El nivel de intensidad de luz mínimo puede ser el nivel de luz requerido para que las plantas procesen los asimilados acumulados durante la fotosíntesis o para inducir la floración en las plantas. En una realización, la fuente de luz no emite luz cuando se opera en el nivel mínimo.

Con este método es posible distribuir la energía requerida entre múltiples ambientes de cultivo de plantas.

Se puede disponer una barrera entre el al menos primero y segundo ambientes de cultivo de plantas. Por lo tanto, es posible restringir la fuga de luz entre el primero y segundo ambientes de cultivo de plantas. Esto significa que el cultivo de una planta en cada uno de los ambientes de cultivo de plantas puede controlarse estrictamente.

Los ambientes de cultivo de la primera y segunda planta pueden ser unidades de cultivo separadas o capas separadas de una unidad de cultivo.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona además un programa de ordenador de acuerdo con la reivindicación 12 adjunta que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan mediante al menos un procesador, hacen que se lleve a cabo el o cada uno de los métodos descritos anteriormente.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona además un controlador de acuerdo con la reivindicación 13 adjunta para controlar un sistema de cultivo de plantas con luz artificial, estando configurado el controlador para recibir información indicativa de una demanda de producción de un tipo de planta para ser cultivada en un sistema de cultivo de plantas con luz artificial y un suministro de energía para una fuente de luz del sistema de cultivo de plantas con luz artificial, y el funcionamiento de control de la fuente de luz de un ambiente de cultivo de la planta del sistema de cultivos de plantas con luz artificial en función de la información recibida para que la tasa de producción de una planta de dicho tipo de planta que se cultiva en el sistema frente a la demanda de producción y el suministro de energía está optimizada.

Por lo tanto, la tasa de cultivo de dicha planta puede disminuir cuando la demanda de las plantas disminuye, para reducir la probabilidad de que las plantas maduren cuando no son necesarias, aliviando los desechos.

En una realización, el controlador comprende un procesador, una memoria y una conexión de datos, en donde la información indicativa de uno o más de una demanda de producción para un tipo de planta que se cultiva en el sistema de cultivo de plantas con luz artificial y un suministro de energía para una fuente de luz del sistema de cultivo de la planta con luz artificial es recuperada por el procesador mediante la conexión de datos.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona además un sistema de cultivo de plantas con luz artificial de acuerdo con la reivindicación 14 adjunta, que comprende un ambiente de cultivo de plantas que tiene una fuente de luz para suministrar luz a una planta que se está cultivando en el ambiente de cultivo de plantas, y un controlador para controlar un sistema de cultivo de plantas con luz artificial, el controlador está configurado para recibir información indicativa de una demanda de producción para un tipo de planta que se cultiva en el sistema de cultivo de plantas con luz artificial y un suministro de energía para una fuente de luz del sistema de cultivo de plantas con luz artificial, y control de funcionamiento de la fuente de luz de un ambiente de cultivo de plantas del sistema de cultivo de plantas con luz artificial en función de la información recibida, de modo que se optimice la tasa de producción de una planta de dicho tipo de planta cultivada en el sistema frente a la demanda de producción y el suministro de energía.

Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes y se explicarán con referencia a las realizaciones descritas a continuación.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la invención se describirán ahora, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

5 La figura 1 es una vista frontal esquemática de un sistema de cultivo de plantas de acuerdo con una realización de la invención;

10 La figura 2 es un gráfico que muestra la relación entre el nivel de luz, la demanda de producción y la demanda de suministro de energía del sistema de cultivo de plantas de la figura 1;

La figura 3 es un diagrama de flujo de algunos de los pasos realizados por un procesador del sistema de cultivo de plantas de la figura 1; y

15 La figura 4 es un diagrama esquemático de un circuito de bloques del sistema de cultivo de plantas de la figura 1.

Descripción detallada de las realizaciones.

20 Refiriéndonos ahora a las figuras 1 a 4, se muestra un sistema 1 de cultivo de plantas con luz artificial de acuerdo con una realización de la invención. El sistema 1 de cultivo de plantas comprende un recinto 2, una primera y una segunda unidad 3, 4 de cultivo de plantas y un controlador 5.

25 Las primeras y segundas unidades 3, 4 de cultivo están dispuestas en el recinto 2. Las primeras y segundas unidades 3, 4 de cultivo son idénticas en su construcción y, por lo tanto, por brevedad, solo la primera unidad 3 de cultivo se describirá en detalle a continuación. Se entenderá que se puede omitir una de las unidades de cultivo, o se pueden incluir otras unidades de cultivo.

30 La primera unidad 3 de cultivo comprende una pluralidad de estantes 6 dispuestos horizontalmente. Los estantes 6 están apoyados por una pluralidad de patas 7 verticales. Las plantas 8 se cultivan en cada uno de los estantes 6 de acuerdo con, por ejemplo, los principios de cultivo hidropónico o cultivo aeropónico. Debe reconocerse que el término "planta" puede referirse a frutas, verduras, flores, algas y otras biomasas o biomateriales.

35 Una unidad 9 de luz, que actúa como una fuente de luz, está dispuesta sobre cada uno de los estantes 6 para proporcionar luz a las plantas 8 que se cultivan en cada uno de los estantes 6. La unidad 9 de luz para proporcionar luz a las plantas 8 en el estante 6 más alto está asegurada a una porción superior de las patas 7 de la primera unidad 3 de cultivo. Cada una de las unidades 9 de luz restantes se colocan sobre un estante 6 correspondiente al ser asegurada al lado inferior del estante 6 anterior. Sin embargo, se prevén acuerdos alternativos. Se entenderá que las unidades 9 de luz en los estantes 6 pueden formar juntas una fuente de luz. Es decir, las unidades 9 de luz son operadas juntas.

40 El recinto 2 define un ambiente 10 de cultivo de plantas. El recinto 2 es, por ejemplo, una habitación o una campana. El ambiente 10 de cultivo de plantas en la presente realización es un ambiente cerrado. El ambiente 10 de cultivo de plantas está aislado de la luz natural. Por lo tanto, el cultivo de plantas en el ambiente de cultivo de plantas puede controlarse con mayor precisión. El cultivo de plantas en un ambiente 10 de cultivo de plantas generalmente serán del mismo tipo de planta.

45 Una disposición 11 de control de clima está dispuesto para controlar la temperatura en el ambiente 10 de cultivo de plantas. La disposición 11 de control de clima está configurado para controlar la temperatura, T, en el ambiente 10 de cultivo de plantas. La humedad relativa y la ventilación en el ambiente 10 de cultivo de plantas pueden también ser controladas por la disposición 11 de control de clima. La disposición 11 de control de clima tiene un sensor 12 de temperatura y un controlador 13 de temperatura.

50 Una disposición 14 de control de nivel de dióxido de carbono (CO₂) está dispuesta para controlar el nivel de dióxido de carbono en el ambiente 10 de cultivo de la planta. La disposición 14 de control de nivel de dióxido de carbono comprende un sensor 15 de nivel de dióxido de carbono, un suministro de dióxido de carbono (no mostrado) y un controlador 16 de nivel de dióxido de carbono. El controlador 16 de nivel de dióxido de carbono ajusta la cantidad de dióxido de carbono suministrado al ambiente 10 de cultivo de la planta a partir del suministro de dióxido de carbono de acuerdo con el nivel de dióxido de carbono CO₂ medido por el sensor 15 de dióxido de carbono. Se entenderá que uno o ambos de la disposición 11 de control de clima y la disposición 14 de control de nivel de dióxido de carbono pueden omitirse.

55 El sensor 12 de temperatura genera información indicativa de la temperatura en el ambiente 10 de cultivo de la planta. Esta información se proporciona al controlador 5. El sensor 15 de nivel de dióxido de carbono genera información indicativa del nivel de dióxido de carbono en el ambiente 10 de cultivo de la planta. Esta información es proporcionada al controlador 5. Por lo tanto, se puede controlar y/o monitorear el o ambos de la temperatura T y el nivel de dióxido de carbono CO₂ dentro del recinto 2 por el controlador 5. El controlador 5 es operable para operar las unidades 9 de

luz. Las unidades 9 de luz se comunican con el controlador 5 de manera que la salida de luz de cada unidad 9 de luz puede ser controlada por el controlador 5. Esto se puede lograr, por ejemplo, ajustando la potencia suministrada a cada una de las unidades 9 de luz.

5 El controlador 5 tiene un procesador 17 y una memoria 18. El controlador 5 comprende, por ejemplo, un ordenador personal o portátil, un microcontrolador o un arreglo de portales programables en campo.

10 El procesador 17 puede tomar cualquier forma adecuada. Por ejemplo, el procesador 17 puede ser o incluir un microcontrolador, varios microcontroladores, circuitos, un solo procesador o varios procesadores. El controlador 5 puede estar formado por uno o múltiples módulos.

15 La memoria 18 toma cualquier forma adecuada. La memoria 18 puede incluir una memoria no volátil y/o RAM. La memoria no volátil puede incluir memoria de solo lectura (ROM), una unidad de disco duro (HDD) o una unidad de estado sólido (SSD). La memoria almacena, entre otras cosas, un sistema operativo. La memoria puede ser dispuesta remotamente. La memoria RAM es utilizada por el procesador 17 para el almacenamiento temporal de datos. El sistema operativo puede contener un código que, cuando es ejecutado por el controlador 5, controla el funcionamiento de cada uno de los componentes de hardware del sistema 1 de cultivo de la planta. El controlador 5 puede ser capaz de causar uno o más objetos, como uno o más perfiles, para ser almacenado de manera remota o local por la memoria 18. El controlador 5 puede ser capaz de referirse a uno o más objetos, como uno o más perfiles, almacenados por la memoria no volátil y cargar uno o más objetos almacenados en la RAM.

El controlador 5 es operable para operar el sistema 1 de cultivo de la planta en respuesta a una entrada, por ejemplo, una entrada del usuario.

25 El controlador 5 está configurado para controlar la tasa P de producción de la planta de las plantas 8 en la primera y segunda unidades 3, 4 de cultivo. La producción de biomasa es aproximadamente linealmente proporcional a la cantidad de luz suministrada a las plantas 8. Por lo tanto, la tasa P de producción de la planta puede ser controlada por el controlador 5 variando, por ejemplo, la potencia suministrada a las unidades 9 de la luz, de tal manera que la intensidad de la luz emitida por las unidades 9 de luz, actuando como una fuente de luz sea variada.

30 La ecuación 1 muestra la relación entre la tasa P de producción de la planta ($\text{kg/m}^2/\text{h}$), la eficiencia η de uso de la luz (g/mol), el nivel L de luz ($\mu\text{mol/s/ m}^2$), una constante C_1 y el nivel de luz mínimo requerido para la respiración, referido en lo sucesivo como la luz compensada L_0 . La tasa P de producción de la planta también se ve afectada por la fracción de luz I que es interceptada por las plantas 8, que depende del desarrollo de la hoja, el tamaño de la planta y el espaciado entre las plantas 8.

$$P(t) = C_1 \eta(T, CO_2)(L(t) - L_0)I$$

[Ecuación 1]

40 El nivel L de luz suministrado a las plantas 8 es el flujo de radiación fotosintéticamente activa (PAR). La eficiencia η de uso de la luz representa la cantidad de biomasa seca producida para un mol de fotones en la región de longitud de onda PAR y depende de la temperatura T de las plantas 8 y del nivel de dióxido de carbono CO_2 . Es deseable maximizar la eficiencia η de uso de la luz de las plantas 8 cuando hay un gran nivel L de luz, de modo que las plantas 8 puedan realizar una fotosíntesis efectiva de la luz suministrada. La eficiencia η de uso de la luz puede aumentarse aumentando la temperatura T y el nivel de dióxido de carbono CO_2 en el recinto 2.

45 En la presente realización, el controlador 5 está configurado para ajustar el nivel L de luz ofrecido a las plantas 8 dependiendo de la información indicativa de una demanda D de producción de las plantas 8. El controlador 5 también está configurado para ajustar el nivel L de luz ofrecido a las plantas 8 en función de la información indicativa del suministro C de energía. La información del suministro C de energía puede basarse en varios factores. El suministro de energía es generalmente proporcionado por las centrales eléctricas que tienen una salida de energía fija. La demanda cambia, y por lo tanto la disponibilidad de energía, y por lo tanto el excedente, es variable. Por lo tanto, al utilizar energía cuando la demanda es baja, puede reducir el desperdicio de energía. Una variable medible que corresponde al suministro de energía se basa en un coste del factor C_E de energía. El coste de la energía es alto cuando la disponibilidad de energía es baja, es decir, la demanda de energía es alta, por lo que es posible que se necesiten medios de suministro de energía adicionales para ser utilizados. De manera similar, el coste de la energía es bajo cuando la disponibilidad de energía es alta, es decir, la demanda de energía es baja, por lo que se puede desperdiciar energía. En realizaciones, se puede omitir la información indicativa de la demanda D de producción o del suministro C de energía. En la presente realización, el controlador 5 está programado de tal manera que el nivel L de luz emitido por las unidades 9 de luz es una función de la información indicativa de la demanda D de producción de la planta y el suministro C de energía, basado en el coste de energía C_E , como se muestra en la ecuación 2. La relación entre el nivel L de luz, la demanda D de producción de la planta y el coste de energía C_E de la presente realización se muestra gráficamente en la figura 2. En el gráfico 20 que se muestra en la figura 2, el eje 21 x representa el tiempo. La línea 22 de puntos y rayas representa la demanda de producción de la planta, la línea 23 sólida representa el coste

de la energía y la línea 24 discontinua indica el nivel L de luz. Debe reconocerse que otras relaciones entre estas variables también están destinadas a caer dentro del alcance de la invención.

$$L(t) = f(D(t), C_E(t))$$

[Ecuación 2]

5 La información indicativa de la demanda D de producción de la planta y el suministro C de energía se proporcionan al controlador 5 a través de un módulo 19 de comunicación, por ejemplo, una conexión cableada o inalámbrica. En una realización, el controlador 5 usa el módulo 19 de comunicación para recuperar el coste del factor de energía C_E de un sitio web de una compañía eléctrica o de una base de datos o software de Internet. En una realización alternativa, el controlador 5 usa el módulo 19 de comunicación para recuperar información indicativa del suministro C de energía de un sistema de medición inteligente.

10 La demanda D de producción de la planta de las plantas 8 es un indicador de la demanda de producción actual para el tipo de planta que cultiva el sistema 1 de cultivo de plantas. Esto puede proporcionarse, por ejemplo, mediante información indicativa del volumen de demanda de un tipo de planta, un precio de mercado para un tipo de planta y/o volúmenes de desperdicio para un tipo de planta. Cuando la información indicativa de la demanda D de producción de la planta para las plantas 8 indica una demanda incrementada, el controlador 5 aumenta la tasa P de producción de la planta para que las plantas 8 estén listas para la cosecha antes. Por lo tanto, las plantas 8 se pueden cosechar cuando se necesitan y se minimiza el desperdicio. Cuando la información indicativa de la demanda D de producción de la planta indica una disminución de la demanda, el controlador 5 disminuye la tasa P de producción de la planta para que las plantas 8 no maduren para la cosecha cuando la demanda del tipo de planta es baja. Esto evita que las plantas 8 maduren cuando no son necesarias, y por lo tanto alivia los residuos.

20 El controlador 5 también se configura de manera tal que cuando la información indicativa del suministro C de energía varía, el controlador 5 varía la tasa P de producción de la planta de manera que el sistema 1 de cultivo de la planta controla el uso de energía de manera eficiente. El controlador 5 está programado con la ecuación 3, que caracteriza la relación entre el nivel L de luz, la compensación L_0 de luz, la demanda D de producción de la planta, el coste de energía C_E y una segunda constante C_2 .

$$L(t) = L_0 + C_2 \frac{D(t)}{C_E(t)}$$

[Ecuación 3]

30 Se puede ver en la ecuación 1 que la eficiencia η del uso de la luz, y por lo tanto la tasa P de producción de la planta, depende de la temperatura T y del nivel de dióxido de carbono CO_2 en el recinto 2. Por lo tanto, maximizar el efecto que la demanda D de producción de la planta y el coste de la energía C_E que tiene en la tasa P de la planta, el controlador 5 puede configurarse de manera tal que la temperatura T y el nivel de dióxido de carbono CO_2 sean dependientes del nivel L de luz, que se correlaciona con la demanda D de producción de la planta y el coste de energía C_E . En tal realización, el controlador 5 está programado con la relación mostrada en la ecuación 4, que caracteriza la relación entre la temperatura T, el nivel L de luz, una tercera constante C_3 y la temperatura mínima requerida para sostener las plantas 8, referidas a continuación como la temperatura de compensación T_0 .

$$T(t) = T_0 + C_3 L(t)$$

[Ecuación 4]

40 El controlador 5 está programado con la relación mostrada en la ecuación 5, que caracteriza la relación entre el nivel de dióxido de carbono CO_2 , el nivel L de luz, una cuarta constante C_4 y el nivel mínimo de dióxido de carbono requerido para sostener las plantas 8, que se mencionará más adelante como la compensación del nivel de dióxido de carbono CO_{20} .

$$CO_2(t) = CO_{20} + C_4 L(t)$$

[Ecuación 5]

45 La figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra diez de los pasos S1 a S10 realizados por el procesador 17 del controlador 5. El primer paso S1 realizado por el procesador 17 es recuperar la información indicativa de la demanda D de producción de la planta y el coste de energía C_E . Esto se obtiene a través del módulo 19 de comunicación. El segundo paso S2 realizado por el procesador 17 es recuperar los valores de la compensación L_0 de luz y la segunda constante C_2 de la memoria 18 del controlador 5. El tercer paso S3 realizado por el procesador 17 es calcular el nivel L de luz deseado que se suministrará a las plantas 8 utilizando la ecuación 3 de acuerdo con los valores de la demanda D de producción de la planta, el coste de energía C_E , la compensación L_0 de luz y la segunda constante C_2 .

ES 2 702 956 T3

5 El cuarto paso S4 realizado por el procesador 17 es recuperar los valores de compensación T_0 de temperatura y la tercera constante C_3 de la memoria 18 del controlador 5. El quinto paso S5 realizado por el procesador 17 es calcular la temperatura T deseada en el recinto 2 utilizando la ecuación 4 de acuerdo con los valores de la tercera constante C_3 , la compensación T_0 de temperatura y el nivel L de luz deseado que fue calculado por el procesador 17 en el tercer paso S3.

10 El sexto paso S6 realizado por el procesador 17 es recuperar los valores de la compensación del nivel de dióxido de carbono CO_{20} y la cuarta constante C_4 de la memoria 18 del controlador 5. El séptimo paso S7 realizado por el procesador 17 es calcular el nivel deseado de dióxido de carbono CO_2 en el el recinto 2 utilizando la ecuación 5 de acuerdo con los valores de la cuarta constante C_4 , la compensación del nivel de dióxido de carbono CO_{20} y el nivel L de luz deseado que fue calculado por el procesador 17 en el tercer paso S3.

15 El octavo paso S8 realizado por el procesador 17 es controlar la disposición 11 de control de clima y la disposición 14 de control de nivel de dióxido de carbono para ajustar la temperatura T y el nivel de dióxido de carbono CO_2 en el recinto 2 de acuerdo con la temperatura T deseada y el nivel de dióxido de carbono CO_2 calculado por el procesador 17 en los pasos quinto y séptimo S5, S7. Como se discutió anteriormente, el controlar la temperatura T y el nivel de dióxido de carbono CO_2 en el recinto 2 permite que la eficiencia η de uso de luz de las plantas 8 sea ajustada.

20 El noveno paso S9 realizado por el procesador 17 es esperar un período de tiempo predeterminado. El décimo paso S10 realizado por el procesador 17 es verificar si el nivel L de luz deseado es igual al nivel L de luz actual emitido por las unidades 9 de luz y ajustando el nivel L de luz en consecuencia. El período de tiempo predeterminado entre el nivel L de luz que se está ajustando y la temperatura T y el nivel de dióxido de carbono CO_2 que se está ajustando se elige para tener en cuenta el retraso de la respuesta en el cambio en la temperatura T y el nivel de dióxido de carbono CO_2 debido, por ejemplo, a la capacidad térmica del aire en el recinto 2 y el tiempo que tarda el dióxido de carbono gaseoso liberado por el controlador 2B de nivel de dióxido de carbono para mezclarse con el aire en el recinto 2. Se ha encontrado que la eficiencia del sistema 1 de cultivo de la planta mejora cuando el controlador 5 de nivel de luz está configurado para esperar a que la temperatura T y el nivel de dióxido de carbono CO_2 en el recinto 2 se ajusten al valor deseado antes de alterar el nivel L de luz suministrado a las plantas 8, ya que esto permite que el uso de la eficiencia η de luz de las plantas 8 se ajuste antes de que se suministre el nuevo nivel L de luz a las mismas.

30 El procesador 17 del controlador 5 realiza un ciclo y repite cada uno de los pasos primero a décimo S1 - S10. Se debe reconocer que, aunque en la realización descrita anteriormente, los pasos primero a décimo S1 - S10 se realizan de manera secuencial, en realizaciones alternativas (no mostradas) se pueden realizar simultáneamente dos o más de estos pasos. También se entenderá que en realizaciones alternativas, uno o más de los pasos pueden omitirse.

35 El controlador 5 está configurado para operar las unidades 9 de luz para proporcionar a las plantas 8 un "período de luz", en donde las unidades 9 de luz funcionan como se describió anteriormente para suministrar luz a las plantas 8, y un "período de oscuridad" en donde las unidades 9 de luz se apagan o se operan a un nivel mínimo de exposición a la luz. El período de oscuridad es importante para permitir que las plantas 8 procesen el asimilado de carbono por la fotosíntesis durante el período de luz, liberando oxígeno en el aire y transportando carbohidratos, y para inducir a las plantas 8 a iniciar el proceso de floración.

40 En la presente realización, las unidades 9 de luz del sistema 1 de cultivo de plantas se dividen en grupos 9A, 9B, 9C de iluminación primero, segundo y tercero. El controlador 5 opera todas las unidades 9 de luz en cada grupo 9A, 9B, 9C de iluminación simultáneamente. Sin embargo, se entenderá que el controlador 5 puede operar cada uno de los grupos 9A, 9B, 9C de iluminación de manera independiente. El primer, segundo y tercer grupo 9A, 9B, 9C de iluminación proporciona luz a diferentes plantas 8 en el sistema 1 de cultivo de plantas.

45 En la presente disposición, el controlador está configurado para referirse a un perfil de referencia almacenado por el controlador para operar el sistema 1 de modo que el período de oscuridad de cada uno de los grupos 9A, 9B, 9C de iluminación primero, segundo y tercero sea de 8 horas y el período de luz es de 16 horas. Por lo tanto, en un período de 24 horas, el controlador 5 realiza un ciclo de cada uno de los grupos 9A, 9B, 9C de iluminación primero, segundo y tercero a través de un período de luz completo y un período de oscuridad completo.

50 El controlador 5 está configurado de tal manera que el período de oscuridad del primer, segundo y tercer grupo 9A, 9B, 9C de iluminación se escalonan durante un período de 24 horas, de manera que no más de dos de los grupos 9A, 9B, 9C de iluminación primero, segundo y tercero se operan simultáneamente para proporcionar un período de luz a las plantas 8 correspondientes. Por ejemplo, durante un período de 24 horas que comienza a las 12 AM, el primer grupo 9A de iluminación se alimenta entre las 12 AM y las 4 PM para proporcionar un período de luz a una porción de las plantas 8 y luego se apagan entre las 4 PM y las 12 AM para proporcionar un período de oscuridad. Mientras tanto, el segundo grupo 9B de iluminación se alimenta entre las 8 AM y las 12 AM para proporcionar un período de luz a una porción de las plantas 8 y se apaga entre las 12 AM y las 8 AM para proporcionar un período de oscuridad. Además, el tercer grupo 9C de iluminación se alimenta entre las 4 PM y las 8 AM para proporcionar un período de luz a una porción de las plantas 8 y se apaga entre las 8 AM y las 4 PM para proporcionar un período de oscuridad. Se proporciona una barrera (no mostrada), como pantallas o cortinas, para aislar a cada uno de los grupos 9A, 9B, 9C de iluminación uno de otro. Los grupos 9A, 9B, 9C de iluminación primero, segundo y tercero están aislados unos de

otros para aliviar la fuga de luz a la porción de las plantas 8 que están provistas de un período de oscuridad. La duración del período de luz en relación con el período de oscuridad se puede ajustar de acuerdo con la información indicativa de la demanda D de producción de la planta y/o el suministro de energía C. Por ejemplo, en una de esas realizaciones, si la demanda D de producción disminuye, entonces el período de oscuridad de las plantas para cada uno de los grupos 9A, 9B, 9C de iluminación primero, segundo y tercero aumenta y, por lo tanto, disminuye el período de luz, para disminuir la tasa P de producción.

En la realización descrita anteriormente, las plantas 8 suministradas con luz por cada uno de los grupos 9A, 9B, 9C de iluminación primero, segundo y tercero están aisladas ópticamente entre sí para definir ambientes 10A, 10B, 10C de cultivo de plantas independientes. Por ejemplo, las plantas 8 pueden proporcionarse en carcasas separadas o sellando individualmente cada estante 6, de modo que la temperatura T y el nivel de dióxido de carbono CO₂ de los mismos puedan controlarse independientemente. El controlador 5 está configurado para aumentar la eficiencia η de uso de la luz de las plantas 8 que están provistas de un período de luz aumentando la temperatura T y el nivel de dióxido de carbono CO₂ del mismo. De manera similar, el controlador 5 está configurado para disminuir la eficiencia η de uso de la luz de las plantas 8 que están provistas de un período de oscuridad al disminuir la temperatura T y el nivel de dióxido de carbono CO₂ del mismo. Esto reduce aún más la capacidad total de energía instalada del sistema 1 de cultivo de plantas.

Dado que los períodos de luz y oscuridad de las unidades 9 de luz se distribuyen de manera tal que no se operan más de dos de los grupos 9A, 9B, 9C de luces primero, segundo y tercero para proporcionar un período de luz en un momento dado, el consumo de energía de todas de las unidades 9 de luz combinadas en el sistema 1 de cultivo de la planta no excederá dos tercios de la potencia nominal máxima de las unidades 9 de luz. Por lo tanto, se reduce la capacidad de potencia máxima del sistema 1 de cultivo de la planta. Es posible distribuir la energía requerida entre múltiples ambientes de cultivo de plantas. Por lo tanto, es posible minimizar el consumo de energía al minimizar los requisitos de potencia máxima. Además, es posible minimizar el tamaño y la cantidad de componentes necesarios para operar dos o más ambientes de cultivo de plantas.

Aunque en la realización descrita anteriormente, el período de luz del primer, segundo y tercer grupo 9A, 9B, 9C de luces es de 16 horas y el período de oscuridad es de 8 horas, debe reconocerse que se pretende que disminuyan otras duraciones de los períodos de luz y oscuridad dentro del alcance de la invención y, además, debe reconocerse que el período total de luz y oscuridad de los grupos 9A, 9B, 9C de luces primero, segundo y tercero no tiene que tener una duración de 24 horas. En una realización (no mostrada), el controlador está configurado para variar las duraciones de los períodos de luz y oscuridad de acuerdo con el tipo de planta que se está cultivando y/o la información indicativa de la edad de la planta. Se ha encontrado que en algunos casos el período de luz óptimo y la duración del período de oscuridad para promover el cultivo varían de acuerdo con la edad de las plantas y/o el tipo de planta. Por lo tanto, al variar las duraciones de los períodos de luz y oscuridad de acuerdo con el tipo de planta y/o la información indicativa de la edad de las plantas, incrementa la eficiencia y/o la tasa de producción del proceso de cultivo de la planta.

Aunque en la realización descrita anteriormente, las unidades 9 de luz se dividen en primer, segundo y tercer grupos 9A, 9B, 9C de iluminación, en realizaciones alternativas (no mostradas) las unidades de luz pueden dividirse en más o menos de tres grupos de iluminación. En una de tales realizaciones (no mostrada), las unidades de luz se dividen en dos grupos de iluminación y el controlador se configura de tal manera que solo se opera uno de los grupos de iluminación para proporcionar un período de luz en cualquier momento.

Aunque en la realización descrita anteriormente, el controlador 5 está programado con las ecuaciones 3, 4 y 5 para controlar el nivel L de luz, la temperatura T y el nivel de dióxido de carbono CO₂ de acuerdo con la demanda D del mercado, el coste de la energía C_E, la compensación L₀ de luz, la compensación T₀ de temperatura, la compensación del nivel de dióxido de carbono CO₂₀ y las constantes C₂, C₃, y C₄, segunda, tercera y cuarta, en realizaciones alternativas (no mostradas) el controlador 5 está programado con diferentes ecuaciones que caracterizan la relación entre estas o algunas de estas variables.

Aunque en la realización descrita anteriormente, el controlador 5 está configurado para ajustar el nivel L de luz suministrado a las plantas 8 de acuerdo con la demanda D de producción de la planta y el coste de energía C_E, en una realización alternativa (no mostrada) el controlador está configurado de manera tal que el nivel L de luz no se ajusta de acuerdo con el coste de energía C_E.

Aunque en la realización descrita anteriormente, el controlador 5 está configurado para ajustar la temperatura T y el nivel de dióxido de carbono CO₂ en el recinto 2 de acuerdo con el nivel L de luz deseado, en realizaciones alternativas (no mostradas) el controlador 5 no ajusta la temperatura T y/o el nivel de dióxido de carbono CO₂.

Aunque en la realización descrita anteriormente, el controlador 5 está configurado para ajustar el nivel L de luz suministrado a las plantas 8 de acuerdo con la demanda D de producción de la planta y el coste de energía C_E y adicionalmente está configurado para compensar los períodos de luz de los grupos 9A, 9B, 9C de iluminación, primero, segundo y tercero en realizaciones alternativas, el controlador 5 está configurado para realizar solo una de estas dos operaciones.

5 En la realización descrita anteriormente, el controlador 5 está configurado de tal manera que el nivel L de luz de las unidades 9 de luz se ajusta para controlar la tasa P de producción de la planta de las plantas 8. En realizaciones alternativas, la tasa P de producción de la planta de las plantas 8 es en cambio, o adicionalmente, variado ajustando el perfil de espectro de luz generado por las unidades 9 de luz. Por ejemplo, si las plantas 8 en el sistema 1 de cultivo de plantas son abundantes en la clorofila, un pigmento que no absorbe fácilmente el componente verde del espectro visible de luz, entonces la tasa P de producción de la planta se puede disminuir al aumentar la proporción del componente verde de la luz que se emite desde las unidades 9 de luz. A la inversa, la tasa P de producción de la planta se puede aumentar al disminuir la proporción del componente verde de la luz que se emite desde las unidades 9 de luz. En otra realización, el controlador 5 está configurado de tal manera que el perfil de espectro de luz emitido por las unidades 9 de luz varía de acuerdo con el nivel L de luz emitido por las unidades 9 de luz. Se ha encontrado que para ciertos tipos de plantas el perfil de espectro de luz óptimo para promover el cultivo varía de acuerdo con el nivel L de luz al que están sometidas las plantas. Por ejemplo, algunos tipos de plantas usarán más eficientemente la luz de una porción del espectro de luz cuando el nivel L de luz sea bajo y usarán más eficientemente la luz de otra porción del espectro de luz cuando el nivel L de luz sea alto. Por lo tanto, al variar el perfil de espectro de luz de la salida de luz por las unidades 9 de luz de acuerdo con el nivel L de luz, se incrementa la eficiencia y/o la tasa P de producción del proceso de cultivo de la planta. En otra realización, el perfil de espectro de luz de la salida de luz por las unidades 9 de luz se ajusta de acuerdo con la información indicativa de la edad de las plantas, por ejemplo, la fecha en que se plantaron las plantas o la cantidad total de luz que las plantas han recibido. Se ha encontrado que para ciertas variedades de plantas, el perfil de espectro de luz óptimo para promover el cultivo varía de acuerdo con la edad de las plantas. Por ejemplo, para ciertos tipos de plantas, las plantas que se han sembrado recientemente crecen más eficientemente si están expuestas a un perfil de espectro de luz con una gran fracción de luz azul, mientras que las plantas que están alcanzando la madurez requieren una fracción de luz azul más baja. Por lo tanto, al variar el perfil del espectro de luz de la salida de luz por las unidades 9 de luz de acuerdo con la información indicativa de la edad de las plantas, se incrementa la eficiencia y/o la tasa P de producción del proceso de cultivo de la planta. En otra realización más, la salida del perfil de espectro de luz por cada una de las unidades 9 de luz se ajusta de acuerdo con el tipo de planta que recibe la luz de cada unidad 9 de luz. Esto permite que el perfil de espectro de luz se adapte a los requisitos de luz del tipo de planta que se está cultivando actualmente, ya que ciertos tipos de plantas utilizan más eficientemente la luz de ciertas porciones del espectro de luz. En una de tales realizaciones, el usuario introduce el tipo de planta en el controlador 5.

30 En una de tales realizaciones, el sistema 1 de cultivo de plantas comprende un sensor de luz (no mostrado) para detectar el perfil de espectro de luz de la luz emitida desde las unidades 9 de luz. Esto permite que el perfil del espectro de la luz en el recinto 2 sea medido, incluso si las unidades 9 de luz se utilizan junto con una fuente de luz adicional que tiene un perfil de espectro de luz desconocido o variado.

35 Se apreciará que el término "que comprende" no excluye otros elementos o pasos y que el artículo indefinido "un" o "uno, una" no excluye una pluralidad. Un solo procesador puede cumplir las funciones de varios artículos recitados en las reivindicaciones. El mero hecho de que ciertas medidas se reciten en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no se pueda utilizar para obtener una ventaja. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como limitante del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar un sistema (1) de cultivo de plantas con luz artificial en el que el sistema de cultivo de plantas con luz artificial está aislado de la luz natural y comprende un controlador (5) para ejecutar el método, el método que comprende recibir información indicativa de una demanda $D(t)$ de producción para un tipo de planta que se cultivará en el sistema de cultivo de plantas con luz artificial y la información indicativa de un suministro de energía $C_E(t)$ para una fuente (9) de luz del sistema de cultivo de plantas con luz artificial, y el control del funcionamiento de la fuente de luz de un ambiente (10) de cultivo de plantas del sistema de cultivo de plantas con luz artificial en función de la información recibida, de modo que la tasa $P(t)$ de producción de una planta (8) de dicho tipo de planta cultivada en el sistema en comparación con la demanda $D(t)$ de producción y el suministro $C(t)$ de energía es optimizado, en donde la tasa $P(t)$ de producción de una planta es proporcional a la cantidad de luz $L(t)$ proporcionada a la planta y la cantidad de luz $L(t)$ proporcionada a la planta se determina en base a una relación $L(t) = f(D(t), C_E(t))$.
2. El método de acuerdo con la reivindicación anterior, que comprende además referirse a uno o más parámetros específicos del tipo de planta dependiendo del tipo de planta que se va a cultivar, y controlar el funcionamiento de la fuente (9, 9a, 9b) de luz dependiendo de uno o más parámetros específicos del tipo de plantas.
3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el o uno de los parámetros específicos del tipo de planta es un nivel mínimo de exposición a la luz que debe suministrarse a una planta (8) de dicho tipo de planta.
4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 3, en el que el o uno de los parámetros específicos del tipo de planta es un nivel máximo de exposición a la luz que debe suministrarse a una planta (8) de dicho tipo de planta.
5. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el que el o uno de los parámetros específicos de la planta es un período mínimo de funcionamiento de la fuente (9) de luz a un nivel mínimo.
6. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, en el que el o uno de los parámetros específicos de la planta es un nivel de intensidad de la fuente (9) de luz.
7. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además controlar el nivel de CO_2 en el ambiente (10) de cultivo de plantas del sistema (1) de cultivo de plantas con luz artificial dependiendo del funcionamiento determinado de la fuente (9) de luz.
8. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además controlar la temperatura en el ambiente (10) de cultivo de la planta del sistema (1) de cultivo de plantas con luz artificial en función del funcionamiento determinado de la fuente (9) de luz.
9. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además detectar una condición ambiental del ambiente (10) de cultivo de la planta y controlar el funcionamiento de la fuente (9) de luz en función de la condición ambiental detectada.
10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además ajustar el funcionamiento de la fuente (9) de luz cuando se detecta una condición ambiental deseada en el ambiente (10) de cultivo de la planta.
11. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además controlar el funcionamiento de al menos una primera fuente (9a) de luz de un primer ambiente (10a) de cultivo de plantas para tener un período de funcionamiento a un nivel de intensidad de luz mínimo y una segunda fuente (9b) de luz de un segundo ambiente (10b) de cultivo de plantas tiene un período de funcionamiento a un nivel de intensidad de luz mínimo, funcionando al menos la primera y la segunda fuente de luz para que el período de funcionamiento de la primera fuente de luz a un nivel de intensidad de luz mínimo se compense desde el período de funcionamiento de la segunda fuente de luz a un nivel de intensidad de luz mínimo.
12. Un programa de ordenador que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan por al menos un procesador (17), hacen que se lleve a cabo el método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.
13. Un controlador (5) para controlar un sistema (1) de cultivo de plantas con luz artificial aislado de la luz natural, el controlador está configurado para: recibir información indicativa de una demanda $D(t)$ de producción para un tipo de planta que se cultivará en un sistema de cultivo de plantas con luz artificial y un suministro de energía $C_E(t)$ para una fuente (9) de luz del sistema de cultivo de plantas con luz artificial, y el funcionamiento de control de la fuente de luz de un ambiente (10) de cultivo de plantas del sistema de cultivo de plantas con luz artificial dependiendo de la información recibida de modo que se optimice la tasa $P(t)$ de producción de una planta (8) de dicho tipo de planta que se cultiva en el sistema frente a la demanda $D(t)$ de producción y el suministro de energía $C_E(t)$, en donde la tasa $P(t)$ de producción de una planta es proporcional a la cantidad de luz $L(t)$ proporcionada a la planta y la cantidad de luz $L(t)$ proporcionada a la planta se determina con base en una relación $L(t) = f(D(t), C_E(t))$.

14. Un sistema de cultivo de plantas con luz artificial aislado de la luz natural, que comprende un ambiente de cultivo de plantas que tiene una fuente (9) de luz para suministrar luz a una planta (8) que se cultiva en el ambiente de cultivo de plantas, y un controlador (5) de acuerdo con la reivindicación 13.

5

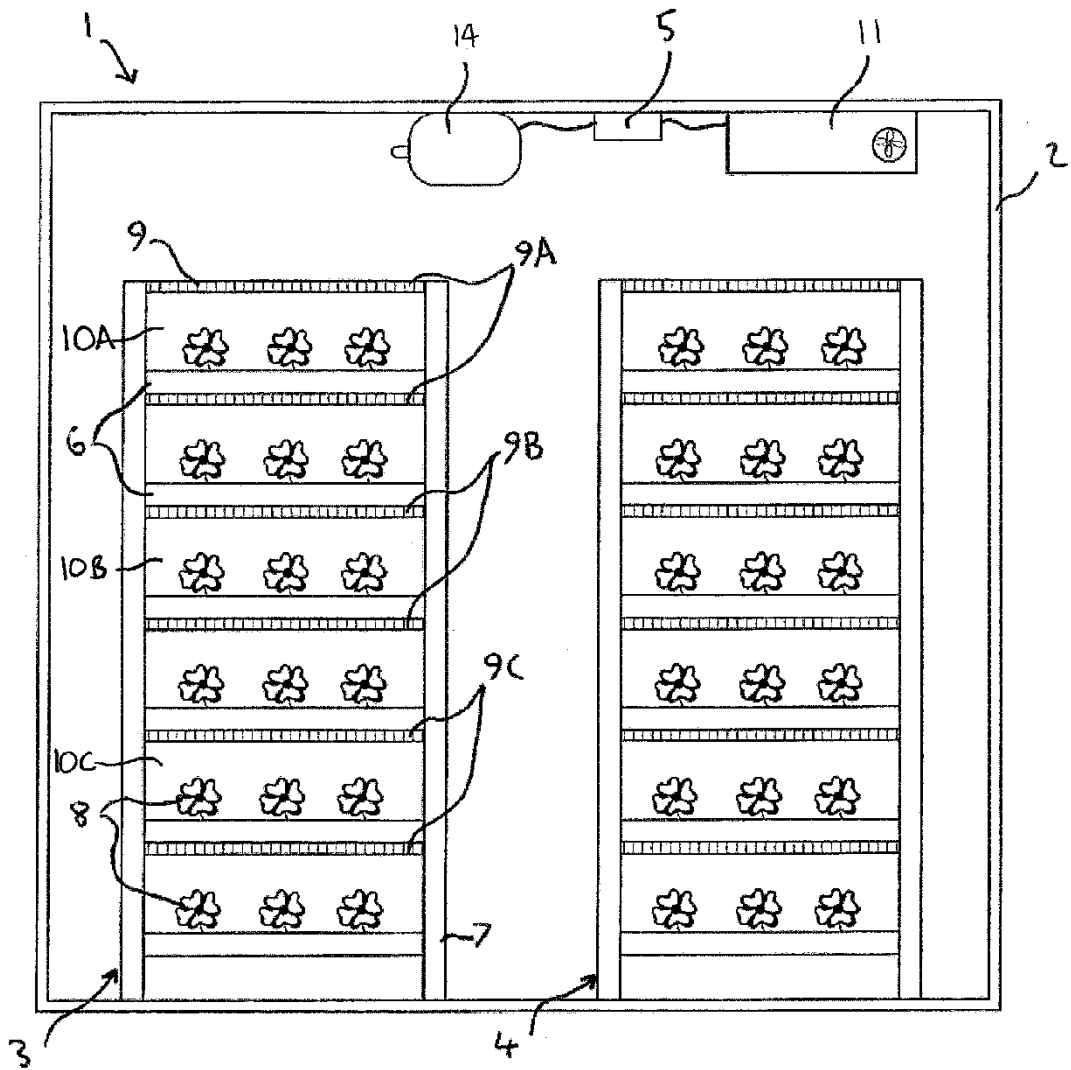


FIG. 1

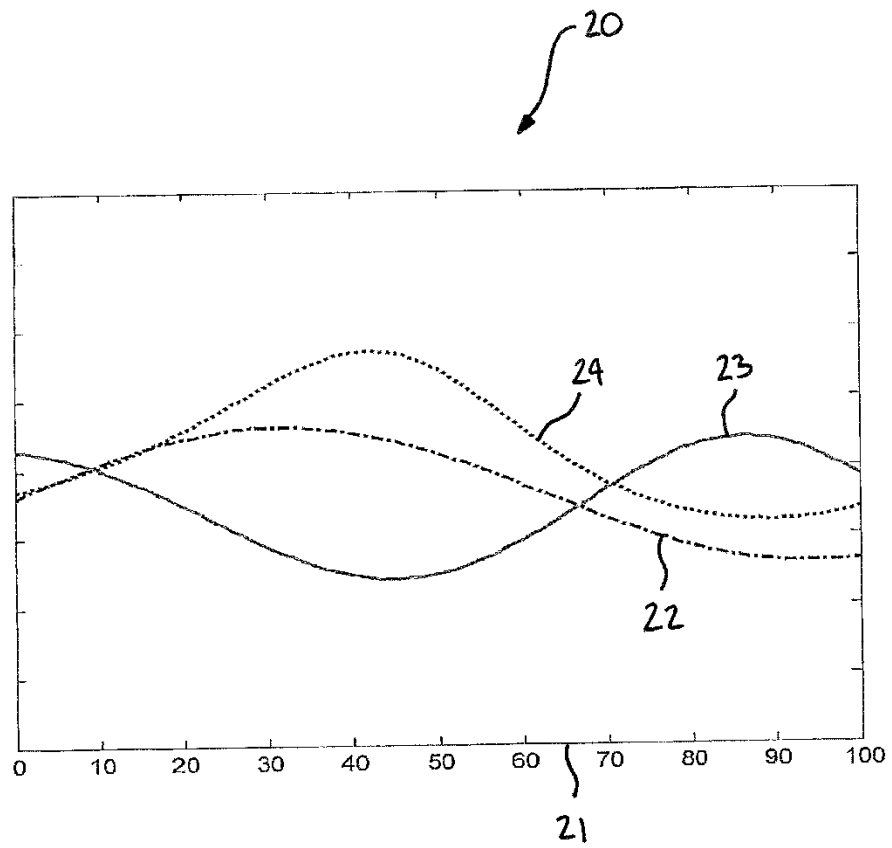


FIG. 2

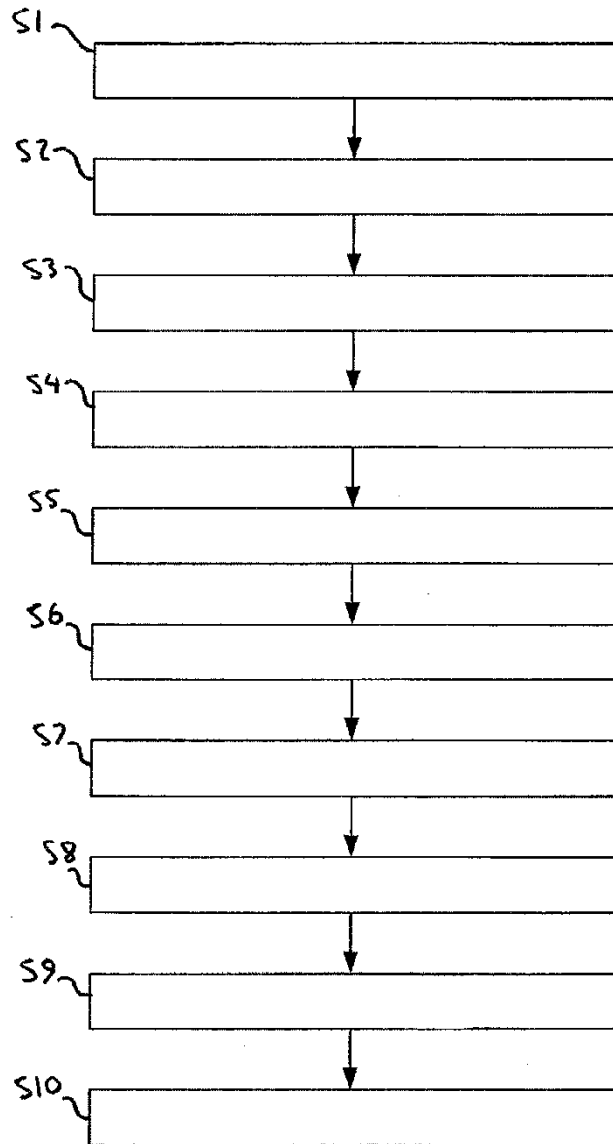


FIG. 3

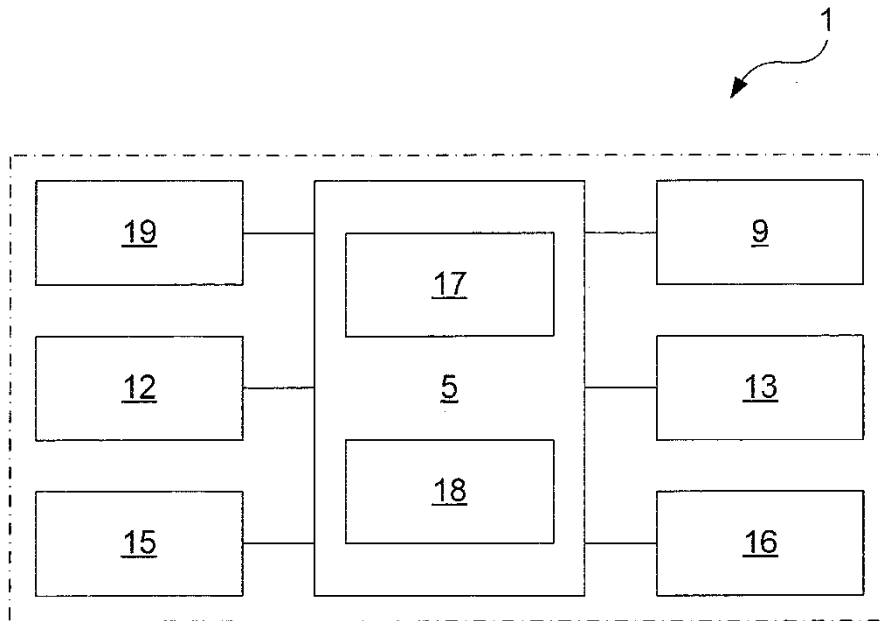


FIG. 4