

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 486**

51 Int. Cl.:

A01G 7/04 (2006.01)

A01G 9/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.06.2019** **PCT/NL2019/050350**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.12.2019** **WO19240572**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2019** **E 19743049 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2024** **EP 3800988**

54 Título: **Método y dispositivo para el cultivo de plantaciones**

30 Prioridad:

11.06.2018 NL 2021101

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

06.11.2024

73 Titular/es:

BLUE SKIES 1989 B.V. (100.0%)

Beukenlaan 23

6029 PX Sterksel, NL

72 Inventor/es:

MEEUWS, GERARDUS JOHANNES JOZEF MARIA;

MEEUWS-ABEN, CORNELIA HENRICA

PETRONELLA MARIA y

KREUGER, MARC

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 985 486 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

Método y dispositivo para el cultivo de plantaciones

5 La presente invención se refiere a un método para cultivar una plantación, en particular en un entorno al menos sustancialmente libre de luz solar. La invención también se refiere a un dispositivo para producir plantaciones, en particular en un entorno al menos sustancialmente libre de luz natural.

10 Un método y dispositivo similares son conocidos, por ejemplo, a partir de la patente estadounidense US 9,357,718. Se describe un entorno de cultivo en donde la plantación se somete en un entorno acondicionado a un clima de cultivo ampliamente controlado. Además de un aire acondicionado, este clima también comprende la exposición a un espectro de luz adaptado con radiación fotoactiva (PAR).

15 La patente alemana DE 10 2016 222 326 divulga una cámara cerrada en la que se cultiva cultivos en varios niveles. El cultivo está iluminado por luz artificial y se circula un flujo de aire a través del espacio de cultivo. El vapor que es absorbido por el flujo de aire en su camino desde una pared del espacio de cultivo hasta una pared opuesta aumenta el contenido de vapor del aire, pero finalmente es liberado por condensación en esta última pared que se enfría con este propósito. El agua retenida se reutiliza para el riego de la plantación.

20 Las luminarias que se aplican con frecuencia en la actualidad utilizan iluminación LED para proporcionar el espectro de luz. Aunque la eficiencia lumínica de este es muchas veces mayor que la de las lámparas de descarga de gas más convencionales y tradicionales, tales accesorios LED aún producen una cantidad considerable de calor además de radiación fotoactiva (PAR). Este calor es parcialmente arrastrado por un flujo de aire dirigido a través del espacio de cultivo, lo que no altera el hecho de que la temperatura del espacio aumentará inevitablemente más o menos gradualmente aguas abajo. La humedad relativa del aire disminuye y la plantación podrá evaporarse más. Mientras que esta temperatura elevada del espacio resulta en un desarrollo más rápido de la plantación localmente, esto en sí mismo es inconveniente porque el contenido de sustancias constituyentes sólidas cae por debajo de un nivel deseado, y no se puede garantizar la uniformidad en toda el área de cultivo cuando el área de cultivo se escala excesivamente.

30 Además, la fotosíntesis de las plantaciones en el cultivo convencional sin luz natural también impone límites a la eficiencia máxima de un espacio de cultivo o celda. Esto se debe a que, además de depender de la luz PAR suministrada, la fotosíntesis también depende de la absorción de dióxido de carbono por la plantación. Sin embargo, existen límites para el enriquecimiento del aire ambiente con dióxido de carbono, estos se encuentran en un nivel del orden de 1500-2000 ppm. Más allá de este nivel, el desarrollo de la plantación se ve afectado negativamente por la alta concentración de dióxido de carbono. Un aumento en el suministro de dióxido de carbono a las plantaciones es conveniente para mejorar la fotosíntesis, por lo tanto, se requiere un flujo de aire sobre las plantaciones que siempre tenga un suministro fresco de dióxido de carbono por debajo de este límite máximo.

40 Para la absorción de dióxido de carbono, los estomas en la hoja deben abrirse; sin embargo, esto también resultará en una mayor evaporación y, por lo tanto, en la pérdida de humedad (deshidratación). Este efecto se intensifica a medida que la velocidad del aire sobre la plantación aumenta. En última instancia, la plantación puede "quemarse", lo cual, por supuesto, debe evitarse. Un entorno de cultivo convencional impone límites significativos a la velocidad máxima del aire sobre la plantación, y por lo tanto, al tamaño máximo al que pueden realizarse en la práctica las iniciativas emprendidas hasta ahora para el cultivo totalmente acondicionado y sin luz natural de las plantaciones.

50 En el caso de que el flujo de aire sea recirculado, además se aplica con frecuencia una instalación de deshumidificación sustancial en los proyectos de cultivo interior conocidos para extraer un exceso de vapor de agua del aire antes de que el aire sea dirigido de nuevo al espacio de cultivo. Esto requiere una cantidad considerable de energía adicional, la cual a su vez compensa en gran medida o incluso completamente el valor de un posible aumento en la producción de salida del entorno de cultivo.

55 La presente invención tiene como objeto, entre otros, proporcionar un método y un dispositivo para el cultivo condicionado de cultivos que evite, al menos en gran medida, estos y otros límites para una mayor ampliación del proceso.

60 Para lograr el objetivo establecido, la presente invención proporciona un método para cultivar una plantación, en particular en un entorno al menos sustancialmente libre de luz diurna, dicho entorno comprende un espacio de cultivo al menos sustancialmente acondicionado por completo, una entrada de aire y una salida de aire para dirigir un flujo de aire al menos sustancialmente laminar a través de dicho espacio de cultivo, y comprende un conjunto de fuentes de luz artificial en una dirección entre dicha entrada de aire y dicha salida de aire, en donde la plantación está expuesta en dicho espacio de cultivo al menos sustancialmente acondicionado por completo a luz artificial actínica, que comprende particularmente radiación fotosintéticamente activa (PAR), emitida por una fuente de luz artificial de dicho conjunto de fuentes de luz artificial presentes en el espacio de cultivo, en donde un flujo de aire al menos sustancialmente laminar se dirige a través de dicho espacio de cultivo en dicha dirección desde dicha entrada de aire hasta dicha salida de aire, y donde, durante un ciclo de cultivo, una salida de potencia de las fuentes de luz

artificial se adapta a una absorción de energía de una parte de la plantación iluminada por ellas, de modo que la plantación cercana a cada fuente de luz artificial de dicho conjunto de fuentes de luz artificial está sujeto a un déficit de vapor al menos sustancialmente constante y al menos sustancialmente igual de manera recíproca. El objetivo aquí, en el contexto de la invención, es un déficit de vapor que se mantiene constante dentro del 5 %, y preferiblemente dentro del 2,5 %, de un valor promedio (expresado en g/kg) en todo el entorno de cultivo.

En otro aspecto, la presente invención proporciona un dispositivo para producir plantaciones (50), en particular en un entorno al menos sustancialmente libre de luz natural, que comprende un espacio de cultivo al menos sustancialmente acondicionado por completo entre una entrada de aire y una salida de aire para un flujo de aire al menos sustancialmente laminar, que incluye una instalación de tratamiento de aire para mantener y, si se desea, tratar dicho flujo de aire laminar, que comprende conjunto de accesorios de iluminación en una dirección entre dicha entrada de aire y dicha salida de aire, en donde dichas luminarias están presentes en el espacio de cultivo y comprenden una o más fuentes de luz artificial que son capaces y están configuradas para generar luz artificial actínica, en particular que comprende radiación fotosintéticamente activa (PAR), y para exponer la plantación a la misma, y donde cada una de las luminarias está provista de medios de enfriamiento controlables con los cuales una salida de potencia de las fuentes de luz artificial es adaptable durante un ciclo de cultivo a una absorción de energía de una parte de la plantación iluminada por ellas, de modo que la plantación cerca de cada luminaria de la serie de luminarias está sujeto a un déficit de vapor al menos sustancialmente constante. En este contexto, el déficit de vapor se considera al menos sustancialmente constante y al menos sustancialmente igual de manera recíproca cuando varía en menos del 5 %, y preferiblemente en menos del 2,5 %, respecto a un valor promedio (expresado en g/kg) en todo el entorno de cultivo.

El déficit de humedad mencionado se entiende en este contexto como la diferencia entre la presión parcial real de vapor de agua en la atmósfera y la presión parcial máxima de vapor en la temperatura ambiente prevaleciente, es decir, la diferencia entre el contenido real de vapor de agua en el aire y el contenido máximo de vapor de agua en el aire en saturación (expresado en g/kg). Esta es una medida de la cantidad de agua (vapor) que el aire ambiente aún puede absorber a la temperatura prevaleciente. Esta es esencialmente el déficit de humedad al que está sujeta la plantación a la temperatura predominante. Se señala aquí que el déficit de vapor controlado con la presente invención no debe confundirse con la humedad relativa del aire, la cual se define como el porcentaje del contenido real de humedad del aire en relación con un contenido máximo de humedad a una temperatura ambiente predominante. Aunque según la invención el déficit de vapor en el espacio se mantiene sustancialmente constante en todas partes, lo mismo no necesita aplicarse en lo más mínimo para la humedad del aire en el espacio.

La extensión del intercambio de oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua entre la cavidad subestomática y la atmósfera está naturalmente regulada por la posición de los estomas (poros) en la hoja de una planta. Cuando la atmósfera puede absorber una gran cantidad de vapor de agua, los estomas se cerrarán parcial o totalmente para prevenir la deshidratación o incluso la quemadura, así como sea posible. La "capacidad de succión" de la atmósfera está determinada por una combinación de la velocidad del flujo de aire y el déficit de vapor. Según la invención, esta acción de succión, por así decirlo, ejercida sobre la plantación por la atmósfera se mantiene constante dentro de límites aceptables en todo el espacio de cultivo, o una parte del mismo destinada para tal fin. Esto proporciona un control adicional significativo sobre el desarrollo de la plantación, lo que, entre otros factores, hace posible un aumento considerable en el tamaño máximo de escala del espacio de cultivo.

La invención se basa aquí en la idea de que una ampliación adicional de un método y entorno de cultivo del tipo descrito en el preámbulo no solo está limitada por un aumento gradual de la temperatura, sino al menos tanto por la evaporación de las plantaciones. El equilibrio fotomorfogénico de la plantación está limitado en última instancia por la cantidad de dióxido de carbono absorbido y por la evaporación asociada con una mayor o menor apertura de los estomas. Como resultado, o bien la fotosíntesis de la plantación ya no puede seguir el ritmo de crecimiento, lo que conduce a una pérdida no deseada de calidad, o bien hay una pérdida de humedad tan alta a través de la evaporación que la plantación se deshidrata y, en el caso extremo, incluso se quema.

Sin embargo, debido a que según la invención el déficit de vapor en el espacio de cultivo se mantiene bajo control, la evaporación en la plantación está controlada en todas partes en gran medida y, se ha encontrado, en una medida suficiente para que se pueda alcanzar un nivel de fotosíntesis más alto sin daños como resultado de la deshidratación. El resultado es una mayor posibilidad, solo limitada por factores técnicos, de dimensionar y ampliar aún más el entorno de cultivo, mediante la cual la inversión necesaria en equipos y trabajos de construcción puede compensarse con un mayor rendimiento, lo que resulta en un aumento considerable en la eficiencia económica de esta forma de horticultura, también conocida como cultivo interior.

Debido a una generación de calor inevitable tanto en las luminarias tradicionales como en las basadas en LED, los proyectos convencionales de cultivo interior descritos en el preámbulo requieren instalaciones de enfriamiento con una alta capacidad de enfriamiento para mantener la temperatura espacial en el espacio de cultivo dentro de límites aceptables. Para este propósito, generalmente se dirige un flujo de aire a través del espacio de cultivo y sobre los accesorios de iluminación, haciéndolo capaz de absorber el calor de los accesorios y expulsarlo fuera del espacio de cultivo. Allí el aire es llevado a través de un intercambiador de calor, comúnmente conocido como una batería fría, que reduce la temperatura del aire al nivel deseado.

Una desventaja de este método es, sin embargo, que en la práctica, teniendo en cuenta el espacio disponible, las baterías frías suelen utilizarse para este fin, lo que no solo resulta en una disminución de la temperatura del aire en una superficie de intercambio de calor con el aire que pasa, sino también en la deshumidificación a través de la condensación. Sin embargo, esta última no siempre es conveniente en la práctica porque una deshumidificación tan fuerte resulta en un alto déficit de vapor, lo que provoca que los estomas se cierren y la absorción de dióxido de carbono, y por lo tanto el nivel de fotosíntesis, disminuirá. A través de la deshumidificación excesiva, se pierde agua valiosa si no se puede reutilizar, mientras que esto requiere una cantidad relativamente grande de energía de enfriamiento y además es necesario energía para volver a humidificar el aire antes de devolver el flujo de aire al espacio de cultivo.

Una modalidad preferente del método según la invención tiene la característica de que se somete a un tratamiento de aire una atmósfera del espacio de cultivo, en el cual se mantiene una temperatura de la atmósfera por encima de su punto de rocío. Por lo tanto, se evita la pérdida no deseada de humedad como resultado del enfriamiento, por lo que no será necesario la rehumidificación del aire, o al menos en menor medida considerable, para mantener el déficit de vapor uniforme previsto en el espacio de cultivo. Una modalidad particular del dispositivo según la invención tiene la característica de que la instalación de tratamiento de aire comprende un dispositivo de enfriamiento, en particular una batería fría, que está provista de un colector de condensación. Cuando en ese caso la humedad sigue siendo extraída del aire circulante, la humedad condensada puede ser reutilizada y es posible evitar que se pierda. Un nivel de humedad del aire demasiado alto puede reducirse a un nivel deseado mediante la condensación forzada.

Debido a que la plantación podrá evaporarse en mayor medida durante el desarrollo del sistema foliar, el contenido de humedad en la atmósfera generalmente aumentará a medida que la plantación desarrolle más hojas. Necesario al mismo tiempo para el proceso físico de evaporación es el calor que será extraído del entorno por la plantación. Ambos efectos juntos resultan en un aumento en la humedad del aire local, y, por lo tanto, una disminución en el déficit de humedad en la plantación.

Con el fin de mantener, no obstante, el déficit de vapor en el nivel deseado constante y al menos sustancialmente igual de manera recíproca, una modalidad preferida adicional del método según la invención tiene la característica de que una salida de potencia de al menos una fuente de luz artificial se adapta a una evaporación y una absorción de energía de una parte de la plantación iluminado por la misma. Cuando la plantación tiene menos hojas, y por lo tanto menos área superficial de asimilación y evaporación, la salida de potencia de la fuente de luz artificial se reducirá, por ejemplo, para no permitir que la temperatura ambiente aumente de manera inaceptable, mientras que en el caso de un sistema de hojas más voluminoso y, por ende, con una mayor área superficial de asimilación y evaporación de la plantación, la energía de evaporación extraída de esta manera del entorno puede ser complementada por la fuente de luz artificial. En general, el balance térmico termodinámico neto de la iluminación y la evaporación de las hojas puede adaptarse de tal manera que el déficit de vapor se mantenga en un nivel deseado.

Con esto en mente, otra modalidad preferente del método según la invención tiene la característica de que al menos una fuente de luz artificial está provista de un sistema de enfriamiento controlable, cuya capacidad de enfriamiento se adapta a un resultado de la salida de potencia de la fuente de luz artificial y la absorción de energía de la plantación. Un enfriamiento de este tipo proporciona la opción de adaptar de manera precisa la disipación de calor final de la fuente de luz artificial al entorno y al equilibrio de calor y vapor de agua de la plantación que se encuentra debajo, esto durante todo el ciclo de cultivo desde la germinación o corte hasta la cosecha.

Una modalidad preferida adicional del método según la invención tiene, en este sentido, la característica de que los accesorios se enfrían de manera controlada en la dirección del flujo del aire al menos sustancialmente laminar para imponer, de accesorio a accesorio, una temperatura ambiente creciente y mantener un gradiente de temperatura asociado en el espacio de cultivo. Mientras que el contenido real de vapor de agua en el aire aumentará aguas abajo como resultado de la evaporación, a la temperatura más alta impuesta el contenido máximo de vapor de agua en el aire aumentará proporcionalmente, por lo que el déficit de vapor permanece sustancialmente constante en un trayecto desde una entrada de aire al espacio de cultivo hasta una salida de aire fuera del espacio de cultivo.

Una modalidad particular del método y una modalidad particular del dispositivo según la invención tienen la característica aquí de que el enfriamiento controlable comprende un enfriamiento líquido, el cual se realiza mediante una circulación forzada de un medio de enfriamiento líquido en contacto de intercambio de calor con las fuentes de luz artificial. Una modalidad adicional del dispositivo según la invención tiene, para este propósito, la característica de que los medios de enfriamiento comprenden una circulación controlada de un medio de enfriamiento, cuyo medio de enfriamiento puede, al menos durante la operación, entrar en contacto de intercambio de calor con al menos una fuente de luz en el accesorio. Una modalidad preferente del dispositivo según la invención tiene la característica aquí de que el ajuste se proporciona, de manera opcional en grupo con un número de ajustes adyacentes, con un sistema de enfriamiento individualmente controlable y un controlador adaptado a ello.

Un enfriamiento líquido activa de este tipo puede ser muy potente, lo que limita la generación de calor final de los accesorios a un nivel aceptable e incluso deseado. Una posible capacidad de enfriamiento fuera del espacio de cultivo, necesaria para restaurar un flujo de aire circulante a condiciones de entrada, puede permanecer así limitada.

Esto tiene la importante ventaja de que, dentro de una instalación de tratamiento de aire prevista y configurada para ello, la temperatura de todas las superficies de contacto que interactúan con el aire en muchos casos no cae por debajo del punto de rocío del aire, lo que permite prevenir la deshumidificación no deseada del aire como resultado de la condensación. El medio de enfriamiento aplicado para el enfriamiento líquido forzado entra en contacto termodinámico directo con la pieza relativamente cálida, lo que permite una descarga de calor excepcionalmente eficiente y efectiva.

Con la eficiencia de la instalación en mente, tanto en términos de coste como de espacio ocupado, otra modalidad particular del método y dispositivo según la invención tiene la característica de que las fuentes de luz, opcionalmente de forma grupal y/o colectiva, se alojan en accesorios, en donde los accesorios están provistos, opcionalmente de forma grupal, con un sistema de enfriamiento líquido, y que el medio de enfriamiento entra en contacto individual de intercambio de calor con cada uno de los accesorios. Una carcasa colectiva de las fuentes de luz, así como conductos de enfriamiento para transportar líquido con el fin de su enfriamiento líquido, pueden ser compartidos por un grupo de fuentes de luz. Una modalidad adicional del dispositivo según la invención tiene en este sentido la característica de que el ajuste se proporciona, a manera de grupo con un número de ajustes adyacentes, con un enfriamiento controlable y un controlador adaptado a ello, en donde los ajustes adyacentes se colocan en una dirección transversal a la dirección del flujo de aire laminar.

Una modalidad particular adicional del método según la invención tiene la característica de que el enfriamiento controlable comprende un enfriamiento por aire, el cual se realiza mediante un flujo de aire común, al menos sustancialmente laminar, en contacto de intercambio de calor con la fuente de luz artificial. Además de o en lugar de un enfriamiento líquido con un medio de enfriamiento líquido circulante, esta modalidad prevé un enfriamiento por aire mediante un flujo de aire laminar, en particular el mismo flujo de aire laminar que también se dirige sobre la plantación. Además de proporcionar un enfriamiento adicional, esto también proporciona un contacto de intercambio de calor con este flujo de aire para mantener así constante el déficit de vapor en él.

Con una implementación práctica en mente, otra modalidad preferida del método según la invención tiene la característica de que las fuentes de luz, opcionalmente a manera de grupo y/o colectiva, están alojadas en accesorios, y que el flujo de aire al menos sustancialmente laminar se dirige sobre y a lo largo de los accesorios, en donde en una modalidad adicional el método se caracteriza porque los accesorios se enfrían de manera controlada en la dirección del flujo del aire al menos sustancialmente laminar para mantener, de accesorio a accesorio, un déficit de vapor al menos sustancialmente constante. Por lo tanto, hay un control completo del intercambio de calor entre los accesorios y el área circundante.

Con el fin de lograr una capacidad de enfriamiento suficiente, otra modalidad del método tiene la característica de que el enfriamiento controlado de los accesorios comprende un enfriamiento por aire a lo largo del accesorio, así como un enfriamiento por líquido con una circulación forzada de un medio de enfriamiento líquido en al menos un contacto termodinámico directo sustancial con el accesorio, en donde la circulación del medio de enfriamiento líquido se controla en contacto de intercambio de calor con el accesorio para mantener, de accesorio a accesorio, un déficit de vapor al menos sustancialmente constante debajo del accesorio.

Se señala además que, además de mediante un enfriamiento opcionalmente mezclada de los accesorios, su generación de calor también puede regularse y adaptarse mediante el funcionamiento de las fuentes de luz a una potencia más baja o más alta. Por lo tanto, se hace uso ventajosamente dentro del alcance de la invención de fuentes de luz que son regulables individual o colectivamente de manera que una fuente de alimentación y su consumo son ajustables. Especialmente en la fase inicial del desarrollo de la plantación, las fuentes de luz pueden operar a una potencia relativamente baja para suministrar, no obstante, suficiente radiación PAR para garantizar una fotosíntesis óptima.

Para un desarrollo óptimo y saludable de la plantación, una modalidad particular adicional del método según la invención tiene la característica de que el déficit de vapor se establece y mantiene en un nivel de entre aproximadamente 0,5 y 6 gramos de agua por kilogramo de aire. Se ha descubierto que dicho déficit de vapor en las inmediaciones de la plantación proporciona la posibilidad de un alto ritmo de desarrollo de la plantación, así como la creación de materia seca como resultado de la fotosíntesis. Se hace posible un rendimiento y calidad hasta ahora sin igual.

Se contribuye a esto permitiendo que el flujo de aire a lo largo y a través de la plantación tenga la libertad de aumentar sin que el déficit de vapor se vea afectado negativamente como resultado. Una modalidad preferente adicional del método según la invención tiene, en este sentido, la característica de que el flujo de aire laminar se dirige con una velocidad de flujo de entre 15 y 100 cm/s sobre y/o a través de la plantación. Una modalidad particular del dispositivo según la invención tiene, para este propósito, la característica de que la instalación de tratamiento de aire es capaz y está configurada para mantener un flujo de aire laminar en el espacio de cultivo con una velocidad del aire entre 15 y 100 cm/s durante la operación.

Para lograr un buen intercambio de dióxido de carbono y oxígeno, las estomas deben estar abiertos en combinación con un contenido suficientemente alto de dióxido de carbono (por ejemplo, del orden de 1500-2000 ppm) y un flujo

de aire con una velocidad de aproximadamente 15 a 100 cm/s. Para prevenir el cierre (parcial) de las estomas y evitar la pérdida de humedad a una velocidad de flujo de aire tan alta, el déficit de vapor debe ser lo suficientemente bajo. En lugar de en un entorno de cultivo convencional, es posible según la presente invención controlar de manera precisa, y en particular mantener el déficit de vapor entre aproximadamente 0,5 y 6,0 g/kg incluso a una velocidad del aire tan alta. Una mayor velocidad del aire también tiene la ventaja de que tanto la diferencia de temperatura como la diferencia en el déficit de vapor disminuyen entre la entrada de aire y la salida de aire, lo que aumenta el tamaño máximo de escala de una granja interior y, por lo tanto, la viabilidad económica.

Una corriente de aire forzado no solo proporciona enfriamiento como resultado de la evaporación del agua por la plantación, sino también un suministro de aire fresco de recirculación que contiene una cantidad opcionalmente repuesta de dióxido de carbono esencial en el contexto de la fotosíntesis de la plantación. Este intercambio de dióxido de carbono puede elevarse a un nivel superior debido a la invención, lo que permite aumentar la producción y/o acortar el ciclo de cultivo. Esto contribuye aún más hacia la eficiencia económica y la viabilidad económica de un método del tipo descrito en el preámbulo, a menudo conocido como agricultura interior.

La invención será elucidada más adelante en base a una modalidad ilustrativa y un dibujo acompañante. En las figuras:

- figura 1 muestra una vista lateral esquemática de la configuración y construcción de una modalidad ilustrativa de un dispositivo según la invención;
- figura 2 muestra de manera esquemática y únicamente a modo de ilustración la variación de temperatura y humedad aguas abajo en el flujo de aire laminar en un dispositivo de cultivo convencional; y
- figura 3 muestra de manera esquemática y únicamente a modo de ilustración la variación de temperatura y humedad aguas abajo en el flujo laminar en el dispositivo de cultivo de la figura 1.

Se señala que la figura es puramente esquemática y no está dibujada a escala. Algunas dimensiones y componentes en particular pueden estar exagerados en mayor o menor medida con el fin de lograr claridad. Las partes correspondientes suelen estar designadas con el mismo número de referencia.

Se muestra esquemáticamente en la figura 1 una construcción de un dispositivo de cultivo para la producción de cultivos sin luz natural, también conocido como agricultura interior. Esto implica un espacio de cultivo 10 al menos sustancialmente acondicionado por completo, generalmente también conocido como cámara climática o célula climática, en el que se monitorea con precisión un clima espacial y, si se desea, se puede mantener constante dentro de ciertos límites. Los parámetros climáticos que son un factor aquí, además de la temperatura del espacio, son la concentración de dióxido de carbono y la humedad del aire espacial. Estos parámetros se registran en uno o más puntos de medición con sensores proporcionados para tal fin, pero pueden diferir, si se desea, de un lugar a otro en el espacio de cultivo.

Esta última es ante todo el resultado de un flujo de aire forzado 20 dirigido a través del espacio de cultivo. Después de haber sido tratado opcionalmente fuera del espacio 10, este flujo de aire es admitido a través de un pleno de entrada 15 y continúa su recorrido a través del espacio de cultivo 10 como un flujo de aire al menos sustancialmente laminar, y sale del espacio de cultivo a través de un pleno de retorno 25.

El tratamiento de aire mencionado normalmente consiste en enfriar y humidificar o deshumidificar el aire hasta alcanzar una humedad relativa del aire deseada.

Presente en el espacio de cultivo 10 se encuentra un conjunto de fuentes de luz artificial 30 en forma de un conjunto de accesorios LED. Estos emiten radiación fotosintéticamente activa (PAR), la cual es esencial para la fotosíntesis, y por ende el desarrollo, de la plantación 50 pero también disipan calor en el espacio. Una parte de ello será intercambiada con el flujo de aire 20, pero esto también resultará poco a poco en un aumento gradual local de la temperatura en el espacio de cultivo 10. Este aumento de temperatura es siempre un equilibrio neto local del calor emitido por la iluminación 30 y la energía absorbida por la plantación con el propósito de evaporación a través de la hoja, crecimiento y fotosíntesis y el calor disipado por el enfriamiento líquido de los accesorios.

La variación de temperatura se muestra esquemáticamente en la figura 2 en forma de una curva A. En el transcurso del desarrollo de la plantación, y por ende el desarrollo del sistema de hojas, el componente de evaporación aumentará (fuertemente), lo que hará que la curva A se eleve menos abruptamente. La cantidad de vapor de agua (humedad) liberada por la hoja de la plantación 50 se muestra de manera simplificada en la figura 2 en forma de diagrama de bloques. Los bloques rellenos indican aquí la liberación de humedad de la cosecha en la posición de partes sucesivas de la cosecha 50 en la dirección del flujo de aire 20 debajo de los accesorios respectivos 30. Las cuadradas vacías indican esquemáticamente un déficit local de vapor. Esta es la diferencia entre la fracción real de vapor de agua en el aire y el nivel de saturación E_w a la temperatura dada, es decir, a una humedad relativa del aire del 100 %.

Será evidente a partir de la figura 2 que la potencia generada por los accesorios en un espacio de cultivo convencional resulta en un fuerte aumento de la temperatura, lo que hace que el nivel de saturación E_w , y por lo

tanto la deficiencia de presión de vapor que afecta al cultivo, aumente. Una evaporación más intensa es el resultado de esto, lo cual está simbolizado en la figura por los bloques con sombreado oscuro. El valor de la humedad relativa del aire RV también se muestra esquemáticamente en cada posición a modo de ilustración en forma de diagrama de barras.

Según la presente invención, sin embargo, la deficiencia de presión de vapor debajo de los accesorios 30 se controla y se mantiene constante y al menos sustancialmente igual de manera recíproca dentro de límites estrechos. Se proporcionan accesorios 30 con medios de enfriamiento activo controlables 35 para este propósito. En este ejemplo, esto implica un enfriamiento forzado mediante una circulación regulada con un medio de enfriamiento adecuado, como agua, que se pone en contacto sustancialmente directo de intercambio de calor con el accesorio 30 a través de un sistema de conductos, mediante los conductos metálicos del sistema de conductos que entran en contacto físico con el metal de la carcasa metálica del accesorio 30. Las fuentes de luz son además regulables, de modo que la emisión de luz PAR se puede adaptar de manera óptima al estado real de desarrollo de la parte de la plantación que se encuentra debajo. Al atenuar la emisión de PAR, las fuentes de luz también generarán menos salida de potencia (calor), por lo que en algunas condiciones es necesario menos o ningún enfriamiento líquido forzado en absoluto.

En general, durante todo el ciclo de cultivo (es decir, desde la germinación, plántula o esqueje hasta la cosecha), la salida de potencia de las fuentes de luz artificial es continuamente ajustable a una absorción de energía de una parte de la plantación debajo de ellas, de modo que la plantación esté sujeto a un déficit de vapor al menos sustancialmente constante y al menos sustancialmente igual de manera recíproca por debajo de cada uno de los conjuntos de accesorios. Esto significa en la práctica que la temperatura en el espacio de cultivo aumenta menos rápidamente como resultado del enfriamiento líquido de los accesorios, lo cual se indica en la figura 2 con la curva B.

Más específicamente, al darse cuenta, imponer y mantener un gradiente de temperatura específico en el espacio de cultivo, el déficit de vapor puede ser controlado con precisión en la dirección X y puede mantenerse constante y al menos sustancialmente igual en todas partes (opcionalmente en un área específica), como se muestra en la figura 3. El valor de la humedad relativa del aire RV en cada posición también se muestra esquemáticamente a modo de ilustración aquí en forma de diagrama de barras. El valor de este se calcula a partir del cociente del contenido de humedad real del aire por posición en relación con el contenido de humedad máximo E_w en la ubicación. Será inmediatamente evidente que, aunque según la invención el déficit de vapor se mantiene en todas partes al menos sustancialmente igual, lo mismo no necesita aplicarse en absoluto para la humedad relativa del aire, por lo que en realidad no es el caso en la figura. Por el contrario, la humedad relativa del aire RV aumenta gradualmente.

Debido a un flujo laminar constante (velocidad) en combinación con un déficit de vapor sustancialmente constante en el aire, la plantación estará sujeto en todas partes del espacio de cultivo a un equilibrio de vapor de agua sustancialmente constante y adaptará su propia evaporación a ello, de modo que también será igual en todas partes del espacio de cultivo. Si se desea, el enfriamiento de los accesorios en una dirección transversal a la dirección del flujo X del aire 20 puede llevarse a cabo de forma colectiva para todos los accesorios o por grupos para algunos de ellos, lo que proporciona ventajas desde el punto de vista de la ingeniería de instalación.

Una ventaja adicional del enfriamiento híbrido de los accesorios, es decir, un enfriamiento no solo por el flujo de aire 20 sino también por el enfriamiento forzado 35, es un menor aumento en la humedad del aire y la temperatura del aire del flujo de salida. El tratamiento del aire fuera del espacio de cultivo puede permanecer limitado en este caso. Se aplica ventajosamente una instalación de enfriamiento con una superficie de enfriamiento, cuya temperatura se mantiene, si se desea, por encima de un punto de rocío del aire para evitar la deshumidificación no deseada como resultado de la condensación.

El control según la invención tanto de la temperatura (aumento) como del déficit de vapor en el entorno de cultivo permite enfriar fuera del entorno de cultivo con una diferencia de temperatura relativamente pequeña, en particular con una superficie de enfriamiento por encima del punto de rocío. Una gran parte del calor producido por las fuentes de luz puede disiparse directamente mediante el enfriamiento líquido forzado y, por lo tanto, no es necesario ser eliminado por la instalación de tratamiento de aire. Una diferencia de temperatura relativamente grande entre el medio de enfriamiento y el ajuste aquí permite una transferencia de calor excepcionalmente eficiente y efectiva. Sin embargo, al llevar la instalación de enfriamiento del tratamiento de aire por debajo del punto de rocío, se puede capturar un exceso de vapor de agua mediante condensación si se desea. En ese caso, el vapor de agua se extrae del aire por condensación antes de que el aire sea devuelto a una temperatura inicial deseada al entorno de cultivo. El condensado se recoge en ese caso de manera ventajosa y, si se desea, se devuelve o se utiliza de otra manera de manera útil.

Debido a que el déficit de vapor en el espacio de cultivo se gestiona según la invención y se mantiene en todas partes al menos sustancialmente igual, la invención permite una mayor velocidad del flujo de aire en el espacio de cultivo sin causar una evaporación excesivamente grande de la plantación que de otro modo podría afectar negativamente al desarrollo de la plantación. En el dispositivo mostrado, un flujo de aire se dirige particularmente a través del espacio de cultivo a una velocidad de entre 15 y 100 cm/s, lo que permite un intercambio de dióxido de carbono con la plantación considerablemente mayor que en un espacio de cultivo convencional en el que la

velocidad máxima del flujo de aire está limitada a un nivel inferior. La consecuencia de esto es un mayor nivel de fotosíntesis, con un desarrollo de cultivos más fuerte y rápido como resultado. La cosecha puede tener lugar más pronto con la misma proporción de materia seca y otros componentes útiles y sustancias constituyentes en la plantación. Será evidente que esto mejorará la eficiencia económica del entorno de cultivo.

5 Aunque la invención ha sido aún más elucidada anteriormente sobre la base de un único ejemplo de realización, será evidente que la invención no se limita de ninguna manera a ello. Por el contrario, aún son posibles muchas variaciones y modalidades dentro del alcance de la invención para un experto en la técnica. Además de aplicarse en un entorno total o sustancialmente libre de luz diurna, la invención también puede aplicarse en particular, 10 manteniendo las ventajas descritas anteriormente, cuando la plantación está expuesto a la luz solar, como en el cultivo bajo cristal.

REIVINDICACIONES

1. Método para cultivar una plantación (50), en particular en un entorno al menos sustancialmente libre de luz diurna, dicho entorno comprende un espacio de cultivo (10) al menos sustancialmente acondicionado por completo, una entrada de aire y una salida de aire (25) para dirigir un flujo de aire al menos sustancialmente laminar a través de dicho espacio de cultivo (10), y comprende un conjunto de fuentes de luz artificial (30) en una dirección entre dicha entrada de aire (15) y dicha salida de aire (25),
 5 en donde la plantación (50) está expuesta en dicho espacio de cultivo (10) al menos sustancialmente acondicionado por completo a la luz artificial actínica, que comprende particularmente radiación fotosintéticamente activa (PAR), emitida por una fuente de luz artificial (30) de dicho conjunto de fuentes de luz artificial (30) presentes en el espacio de cultivo (10),
 10 en donde un flujo de aire (20) al menos sustancialmente laminar se dirige a través de dicho espacio de cultivo (10) en dicha dirección desde la entrada de aire (15) hasta la salida de aire (25), y
 15 en donde, durante un ciclo de cultivo, una salida de potencia de las fuentes de luz artificial (30) se adapta a una absorción de energía de una parte de la plantación (50) iluminada por ellas de manera que la plantación (50) cercana a cada fuente de luz artificial (30) de dicho conjunto de fuentes de luz artificial (30) está sujeto a un déficit de vapor al menos sustancialmente constante y al menos sustancialmente igual de manera recíproca.
 20
2. Método como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde una atmósfera del espacio de cultivo (10) se somete a un tratamiento de aire en donde se mantiene la temperatura del aire por encima de su punto de rocío.
- 25 3. Método como se reivindicó en la reivindicación 1, en donde una salida de potencia de al menos una fuente de luz artificial (30) está adaptada a una evaporación y una absorción de energía de una parte de la plantación (50) ubicada debajo de la misma.
- 30 4. Método como se reivindicó en la reivindicación 1, 2 o 3, en donde al menos una fuente de luz artificial (30) está provista de un sistema de enfriamiento controlable (35), cuya capacidad de enfriamiento se adapta a un resultado de la salida de potencia de la fuente de luz artificial (30) y la absorción de energía de la plantación (50).
- 35 5. Método como se reivindicó en la reivindicación 4, en donde el enfriamiento controlable (35) comprende un enfriamiento líquido, cuyo enfriamiento líquido se realiza mediante una circulación forzada de un medio de enfriamiento en contacto de intercambio de calor con las fuentes de luz artificial (30).
- 40 6. Método como se reivindicó en la reivindicación 5, en donde las fuentes de luz (30), opcionalmente de forma grupal y/o colectiva, se alojan en accesorios, en donde los accesorios se proporcionan opcionalmente de forma grupal con un sistema de enfriamiento líquido, cuyo medio de enfriamiento entra en contacto de intercambio de calor con cada uno de los accesorios.
- 45 7. Método como se reivindicó en la reivindicación 4, en donde el enfriamiento controlable (35) comprende un enfriamiento por aire, que se realiza mediante un flujo de aire común, al menos sustancialmente laminar (20), en contacto de intercambio de calor con la fuente de luz artificial (30).
- 50 8. Método como se reivindicó en la reivindicación 7, en donde las fuentes de luz (30), opcionalmente de forma grupal y/o colectiva, se alojan en accesorios, y que el flujo de aire al menos sustancialmente laminar (20) se dirige sobre y a lo largo de los accesorios.
9. Método como se reivindicó en la reivindicación 7 o 8, en donde los accesorios se enfrían de manera controlada en la dirección del flujo del aire (20) al menos sustancialmente laminar para mantener, de un accesorio a otro, un déficit de vapor al menos sustancialmente constante.
- 55 10. Método como se reivindicó en la reivindicación 9, en donde el enfriamiento controlado de los accesorios comprende un enfriamiento por aire a lo largo del accesorio, así como un enfriamiento líquido con una circulación forzada de un medio de enfriamiento líquido en al menos un contacto termodinámico directo sustancial con el accesorio, en donde la circulación del medio de enfriamiento líquido se controla en contacto de intercambio de calor con el accesorio para mantener, de accesorio a accesorio, un déficit de vapor al menos sustancialmente constante debajo del accesorio.
 60
11. Método como se reivindicó en la reivindicación 9 o 10, en donde el déficit de vapor se establece y mantiene en un nivel de aproximadamente entre 0,5 y 6 gramos de agua por kilogramo de aire.
- 65 12. Método como se reivindicó en la reivindicación 9, 10 o 11, en donde el flujo de aire laminar (20) se dirige con una velocidad de flujo de entre 15 y 100 cm/s sobre la plantación (50).

13. Método como se reivindicó en una o más de las reivindicaciones 9 a 12, en donde los accesorios se enfrían de manera controlada en la dirección del flujo del aire (20) al menos sustancialmente laminar para imponer, de accesorio a accesorio, una temperatura ambiente creciente y mantener un gradiente de temperatura asociado en el espacio de cultivo (10).
- 5 14. Dispositivo para producir plantaciones (50), en particular en un entorno al menos sustancialmente libre de luz diurna, que comprende un espacio de cultivo al menos sustancialmente acondicionado por completo (10) entre una entrada de aire (15) y una salida de aire (25) para un flujo de aire al menos sustancialmente laminar (20), que comprende una instalación de tratamiento de aire para mantener y, si se desea, tratar dicho flujo de
10 aire laminar (20), que comprende un conjunto de accesorios de iluminación en una dirección entre dicha entrada de aire (15) y dicha salida de aire (25),

en donde dichos accesorios de iluminación están presentes en el espacio de cultivo (10) y comprenden una o más fuentes de luz artificial (30) que son capaces y están configuradas para generar luz artificial
15 actínica, en particular que comprende radiación fotosintéticamente activa (PAR), y para exponer la plantación (50) a la misma, y
en donde cada uno de los accesorios está provisto de medios de enfriamiento controlables (35) con los cuales una salida de potencia de las fuentes de luz artificial (30) es adaptable durante un ciclo de cultivo a una absorción de energía de una parte de la plantación (50) iluminada por ellas, de modo que la
20 plantación (50) cercana a cada accesorio del conjunto de accesorios esté sujeta a un déficit de vapor al menos sustancialmente constante.
15. Dispositivo como se reivindicó en la reivindicación 14, en donde los medios de enfriamiento comprenden una circulación controlada de un medio de enfriamiento, cuyo medio de enfriamiento puede, al menos durante la
25 operación, entrar en contacto de intercambio de calor con al menos una fuente de luz (30) en el accesorio.
16. Dispositivo como se reivindicó en la reivindicación 15, en donde el accesorio está provisto, opcionalmente a manera de grupo, con un número de accesorios adyacentes, con un enfriamiento (35) individualmente controlable y un controlador adaptado al mismo.
- 30 17. Dispositivo como se reivindicó en la reivindicación 16, en donde el accesorio está provisto, a manera de grupo, con un número de accesorios adyacentes, con un sistema de enfriamiento controlable (35) y un controlador adaptado al mismo, en donde los accesorios adyacentes están colocados en una dirección transversal a la dirección del flujo de aire laminar (20).
- 35 18. Dispositivo como se reivindicó en una o más de las reivindicaciones 14 a 17, en donde la instalación de tratamiento de aire comprende un dispositivo de enfriamiento, en particular una batería fría, en donde el dispositivo de enfriamiento está provisto de un colector de condensación.
- 40 19. Dispositivo como se reivindicó en una o más de las reivindicaciones 14 a 19, en donde la instalación de tratamiento de aire es capaz y está configurada para mantener un flujo de aire laminar (20) en el espacio de cultivo (10) con una velocidad del aire de aproximadamente 15-100 cm/s durante la operación.

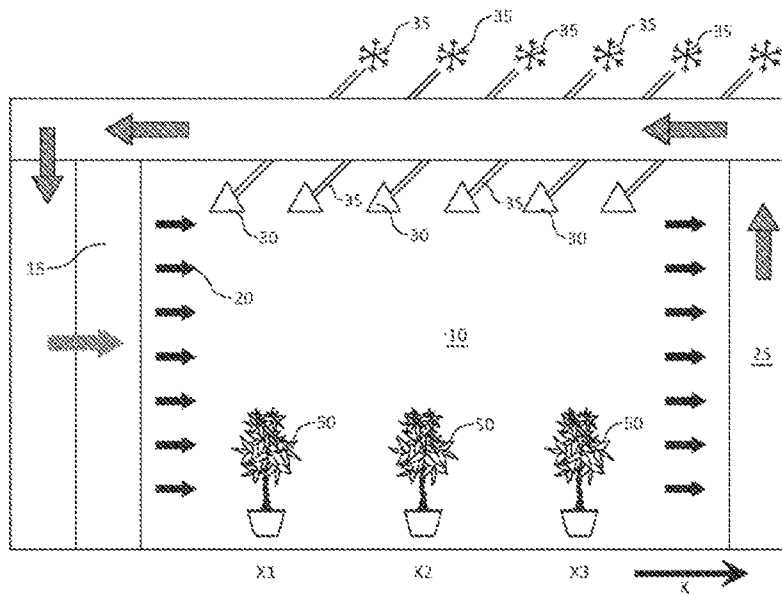


Figura 1

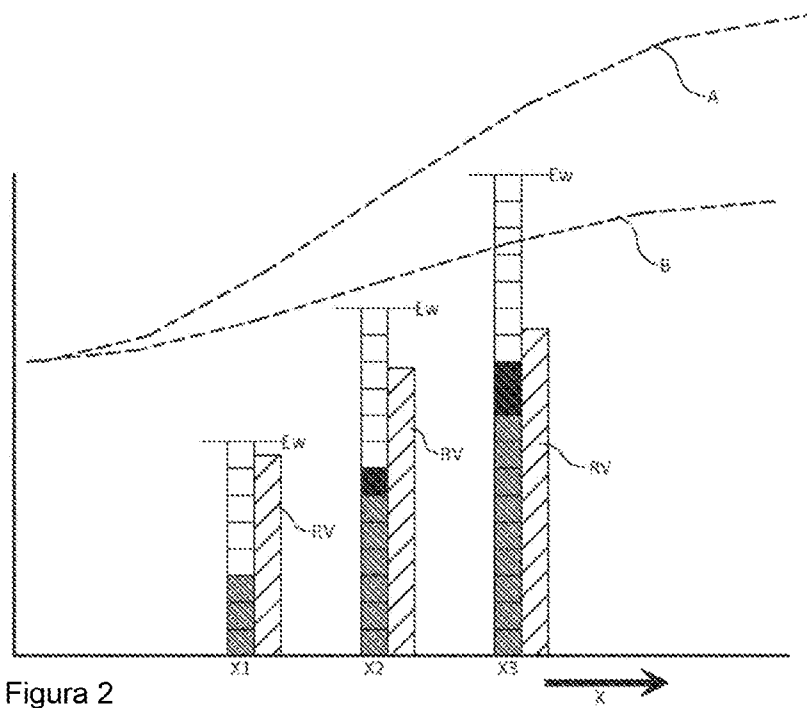


Figura 2

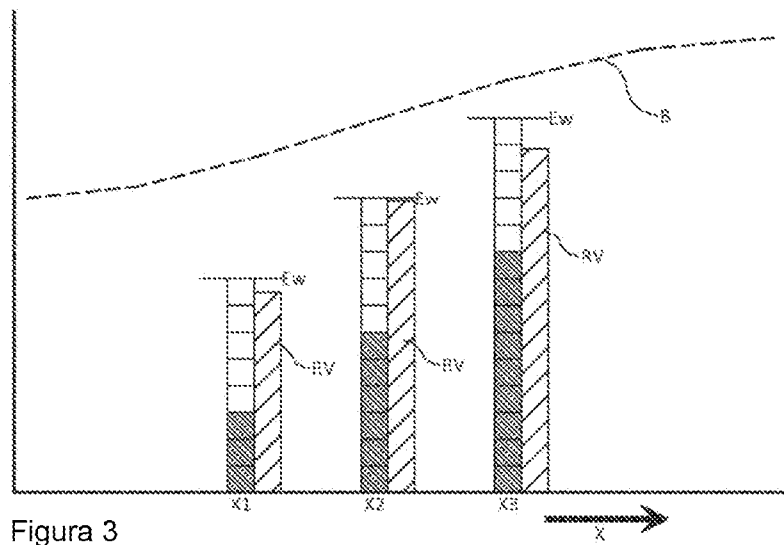


Figura 3