

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 972 573**

51 Int. Cl.:

G01S 13/88 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.04.2016 PCT/EP2016/059697**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.11.2016 WO16174248**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.04.2016 E 16721131 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2023 EP 3289380**

54 Título: **Sistema y procedimiento de estimación del rendimiento de una parcela cultivada**

30 Prioridad:

30.04.2015 FR 1553929

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

13.06.2024

73 Titular/es:

**OVALIE INNOVATION (100.0%)
2 Rue Marguerite Duras Zac Du Mouliot
32000 Auch, FR**

72 Inventor/es:

**VERONESE, THIERRY;
HENRY, DOMINIQUE y
AUBERT, HERVE**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 972 573 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

Sistema y procedimiento de estimación del rendimiento de una parcela cultivada

Campo técnico general

- 5 La presente invención se refiere al campo de las imágenes radar aplicadas a la agricultura y, en particular, a las frutas y hortalizas, con el fin de determinar su rendimiento antes de la cosecha.

Estado de la técnica

- En el campo de la agricultura, los agricultores necesitan estimar el rendimiento agrícola de una parcela cultivada para evaluar cuál será la cosecha. Un rendimiento agrícola es la cantidad de producto cosechado por unidad de superficie de una parcela cultivada determinada (por ejemplo: Toneladas / hectárea, Quintales / ha).
- 10 En particular, en el campo del cultivo de frutas u hortalizas, es interesante que un agricultor pueda recopilar de forma rápida y precisa datos como la cantidad de frutas u hortalizas, el peso de cada una en diferentes fases de desarrollo (formación, meseta y madurez) para elaborar mapas de rendimiento parcela por parcela y/o dentro de la misma parcela agrícola y predecir así hasta con uno o dos meses de antelación lo que producirán las cosechas.
- 15 Para ello, se conoce una solución en la que un peatón recorre una parcela de tierra cultivada y utiliza un sensor dedicado para medir el peso de varias frutas/hortalizas y su número con el fin de determinar el rendimiento de la parcela cultivada.
- Esta solución es restrictiva y poco fiable. Además, esta solución puede dañar/destruir los frutos/hortalizas o hacer necesario retirar las hojas de las plantas para que el operario y el sensor tengan acceso visual a los frutos.
- 20 La publicación de MINGQUAN JIA ET AL: "Multifrequency and multitemporal ground-based scatterometers measurements on rice fields", GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM (IGARSS), 2012 IEEE INTERNATIONAL, IEEE, 22 de julio de 2012 (2012-07-22), páginas 642-645, XP032469257, divulga un sistema para estimar el rendimiento agrícola de una parcela cultivada que comprende una pluralidad de cultivos el sistema a partir de la adquisición por radar de imágenes de la parcela cultivada.

Presentación de la invención

- 25 Uno de los objetivos de la invención es proponer una solución que permita estimar el rendimiento de una parcela agrícola.
- Para ello, la invención propone un procedimiento de estimación del rendimiento agrícola de una parcela cultivada que comprende una pluralidad de cultivos según la reivindicación 1.
- 30 Según un último aspecto, la invención se refiere a la utilización de un procedimiento según la invención para estimar el rendimiento agrícola de una parcela de frutas u hortalizas.
- La invención permite recoger datos de forma rápida y precisa para anticipar lo que producirán las cosechas en términos de volumen global (rendimiento) y calidad asociada.
- Además, la invención no daña las frutas/hortalizas ni los árboles, plantas o pies porque se realiza sin contacto (a distancia) y sin deshojado.
- 35 De este modo, la invención permite proporcionar a todos los actores del sector agrícola implicados en la estimación del rendimiento un sistema y un procedimiento fiables y rápidos que permiten realizar pronósticos precoces.
- Aplicada a la viticultura, la invención permite recoger de forma rápida y precisa datos como la cantidad de uvas en las cepas, el peso de los racimos en las diferentes fases de desarrollo (formación, meseta y madurez) y así predecir con hasta uno o dos meses de antelación el rendimiento de la cosecha en parcelas de varios miles de pies y las estrategias logísticas de cosecha y transporte/almacenamiento que se desarrollarán.
- 40 En efecto, en el campo de la viticultura, disponer de un sistema y de un procedimiento capaces de recoger con rapidez y precisión datos como la cantidad de uva en las cepas es una baza importante para la empresa en cuestión. Para un especialista en vinos, este tipo de sistema significa que puede conocer el peso de los racimos en distintas fases de desarrollo (formación, meseta y maduración) y predecir así hasta con uno o dos meses de antelación lo que deparará la vendimia en parcelas de varios miles de pies.
- 45 La misma lógica puede aplicarse a cualquier tipo de cultivo de frutas u hortalizas.

Presentación de las figuras

Otras características, propósitos y ventajas de la invención se desprenderán de la siguiente descripción, que es puramente ilustrativa y no limitativa, y que debe leerse junto con los dibujos adjuntos en los que :

- La figura 1 ilustra un sistema de estimación del rendimiento agrícola de una parcela cultivada;
- La figura 2 ilustra las etapas de un procedimiento de estimación del rendimiento agrícola de una parcela cultivada;
- 5 • La figura 3 muestra una parcela cultivada;
- La figura 4 ilustra una imagen adquirida durante un procedimiento de estimación del rendimiento agrícola de una parcela cultivada;
- La figura 5 muestra una enredadera de una parcela cultivada.

A lo largo de las figuras, los elementos similares llevan referencias idénticas.

10 Descripción detallada de la invención

15 La **figura 1** muestra un sistema para estimar el rendimiento agrícola de una parcela cultivada que comprende una unidad de radar 1 configurada para adquirir al menos una imagen tridimensional (3D) o bidimensional (2D) de la parcela cultivada. Por lo tanto, la unidad de radar comprende un radar 11 configurado para funcionar en la gama de ondas milimétricas o microondas y con una banda de frecuencias amplia. Preferiblemente, el radar opera en el dominio de ondas continuas moduladas en frecuencia (en inglés "*Frequency-Modulated Continuous Wave*", (FMCW)).

Además, la unidad de radar 1 comprende una unidad de enfoque 12 (no mostrada) que permite enfocar el haz emitido por el radar en una dirección de adquisición. Enfocar de este modo facilita el recuento del rendimiento de la parcela (véase más abajo). Dicha unidad de enfoque 12 consiste en una antena reflectora (parabólica, por ejemplo), una lente electromagnética o un conjunto de antenas.

20 La unidad de radar 1 está configurada preferentemente para situarse a nivel del suelo en la parcela, de modo que pueda obtener imágenes de los cultivos de la parcela. Se entiende aquí que la unidad de radar 1 se encuentra a nivel de los cultivos (y no por encima, como ocurre con las técnicas conocidas de obtención de imágenes de radar por satélite).

25 De manera complementaria, el sistema comprende además una unidad de desplazamiento del radar (13) configurada para mover el radar en la parcela cultivada de una posición a otra con el fin de obtener imágenes de al menos un cultivo para cada posición del radar, escaneando el radar la parcela cultivada desde cada posición y realizando a continuación al menos una adquisición desde cada posición.

La unidad de desplazamiento 13 es mecánica o electrónica (véase más adelante).

30 El sistema comprende además El sistema comprende además una unidad de procesamiento 2 configurada para implementar etapas de un procedimiento de estimación del rendimiento agrícola de una parcela cultivada que se describirá a continuación.

35 Este sistema comprende también una memoria 3, que permite almacenar las imágenes adquiridas por el radar 1, y un programa informático que controla la unidad de procesamiento 2 para que ponga en práctica el procedimiento de estimación del rendimiento agrícola de una parcela cultivada. El sistema también puede incluir una herramienta de interacción con el usuario (4) que permite a un operador ver las imágenes adquiridas, introducir datos o configurar el software. Por ejemplo, un teclado combinado con una pantalla.

40 En particular, la unidad de radar 1 opera en una banda de frecuencias centrada en 24 GHz o 77 GHz o incluso frecuencias más altas (120 GHz por ejemplo). La unidad de radar escanea electrónicamente o mecánicamente y se desplaza (movimiento de traslación, por ejemplo) para aumentar la resolución espacial de la medición. Esta técnica de imagen radar se conoce como método SAR (Synthetic Aperture Radar). Aunque se utiliza ampliamente en la obtención de imágenes por satélite, nunca se ha aplicado a la estimación del rendimiento agrícola de una parcela cultivada.

La utilización de la unidad de radar 1 presenta la ventaja de no entrar en contacto con los cultivos presentes en la parcela cultivada para no dañarlos durante las distintas mediciones.

45 En relación con la **figura 2**, un procedimiento de estimación del rendimiento agrícola de una parcela cultivada comprende las etapas que se describen a continuación.

La **figura 3** muestra una parcela cultivada que, a modo de ejemplo no limitativo, comprende enredaderas plantadas en varias filas.

50 El procedimiento comprende una primera etapa E1 de adquisición de al menos una imagen tridimensional de la parcela cultivada por medio de la unidad de radar 1. La unidad de radar se coloca en el suelo, cerca de la parcela cultivada. En particular, se coloca en una posición que le proporcione la mejor vista posible de la parcela cultivada.

En particular, la etapa de adquisición E1 consiste en escanear la parcela cultivada para la que se desea estimar el rendimiento.

Una imagen adquirida por la unidad de radar es típicamente bidimensional (2D) o tridimensional (3D).

Además, la imagen adquirida comprende varias zonas de contraste. Esta imagen es una representación espacial del nivel del eco del radar (o retrodispersión electromagnética) en cualquier punto de un espacio iluminado por la onda emitida por la unidad de radar.

5 Cuando un punto de este espacio, denominado aquí *píxel*, retrodispersa fuertemente esta onda, aparece como un punto brillante en la imagen, mientras que un píxel con baja reflectividad se visualiza como un punto oscuro en esta imagen.

10 Por ejemplo, un racimo de uvas (o un conjunto de racimos de uvas) se verá como una colección compacta de puntos brillantes que ocupan un cierto volumen en la imagen radar. Este volumen está correlacionado con el volumen físico del racimo (o conjunto de racimos), de modo que su medición puede utilizarse, en principio, para deducir el volumen físico del racimo (o conjunto de racimos). El procesamiento de imágenes radar (véase el método SAR) minimiza el impacto de las interferencias, como el follaje, los postes, los cables o las zonas boscosas (enredaderas), en el volumen de interés estimado. Esta técnica de estimación del volumen sin contacto puede aplicarse a cualquier otra fruta u hortaliza, en función de la parcela cultivada de que se trate.

15 La **figura 4** ilustra una imagen 2D adquirida durante el procedimiento y la **figura 5** ilustra una enredadera que comprende el follaje 7 y los racimos 3, así como toda la infraestructura 8 necesaria para un buen crecimiento.

En la Figura 4, la imagen radar de la derecha es la de un follaje que contiene tres racimos 6 de uvas. La firma o eco de radar del follaje 7 es medible, pero con una intensidad inferior a la de los tres grupos 6.

20 En una segunda etapa E2, esta imagen adquirida se procesa para extraer datos representativos del rendimiento de la parcela cultivada. Esta etapa consiste en aplicar el método SAR (en inglés, "*Synthetic Aperture Radar*"), que aprovecha el barrido (mecánico o electrónico) de la antena de radar para aumentar el contraste entre la firma de radar del objetivo de interés (por ejemplo, el racimo de uvas) y la de su entorno. Este escaneo puede combinarse con un movimiento de traslación de la antena para aumentar aún más la resolución de la medición del volumen de distancia.

25 Los datos representativos del rendimiento son, en particular: el número de cultivos presentes en la parcela cultivada y/o el tamaño de cada parcela y/o el peso de cada cultivo.

En viticultura, la definición general de rendimiento es el peso de la cosecha por unidad de superficie, la hectárea. A nivel de tocón de vid, los componentes del peso de cosecha son el número de racimos, el número medio de bayas por racimo y el peso medio de las bayas. A escala de la hectárea, el número de tocones se añade a estos componentes.

30 Ventajosamente, la adquisición consiste en mover el radar en la parcela cultivada de una posición a otra posición para obtener imágenes del cultivo o cultivos para cada posición del radar, escaneando el radar la parcela cultivada desde cada posición.

De este modo, el radar es móvil en la parcela cultivada en dos configuraciones posibles:

- según una primera configuración: el radar está inmóvil y colocado delante de un grupo de cultivos (por ejemplo, viñas), que realiza entonces un barrido mecánico o electrónico para producir una imagen radar de la escena a partir de la cual se puede estimar el rendimiento (en particular, el volumen de los racimos de las cepas de vid). Una vez adquirida la imagen, el radar se desplazará unos metros (por ejemplo, a lo largo de un surco) y se adquirirá una nueva imagen, y así sucesivamente. Esta configuración se denomina paso a paso;
- según una segunda configuración: el radar será móvil y se colocará en un vehículo en movimiento (por ejemplo, a lo largo de un surco): el radar escaneará la escena mientras sufre las sacudidas asociadas al movimiento del vehículo que transporta el radar. Esta configuración se denomina dinámica.

Para permitir el desplazamiento del radar, éste puede colocarse en un vehículo o robot móvil (teledirigido o motorizado con conductor, como un *quad*; en cualquier caso, el vehículo debe ser adecuado para desplazarse por la parcela cultivada). El radar está equipado con un dispositivo que permite determinar con precisión su desplazamiento para tenerlo en cuenta al procesar la imagen.

45 El procedimiento incluye una tercera etapa E3 para determinar el rendimiento de la parcela cultivada. Los cultivos se cuentan en cada imagen adquirida y el rendimiento se obtiene mediante el siguiente producto: volumen de un cultivo x número de cultivos (fruta u hortaliza) por unidad de superficie (m², Ha) X tamaño de la parcela cultivada X densidad del cultivo (fruta u hortaliza).

50 En particular, para la uva, el rendimiento se obtiene por el producto siguiente: número de racimos x peso del racimo x parcela cultivada.

En particular, el peso del racimo es una extrapolación de los datos extraídos en función de la edad de la parcela cultivada. El peso del racimo o de la fruta es el resultado de la medición, es decir, la correspondencia entre el volumen estimado por el radar y la densidad conocida de los productos medidos. El peso puede obtenerse de una gran base

de datos o calcularse utilizando un factor de crecimiento del cultivo basado en resultados medios históricos (mínimo 10 años).

- 5 Por lo tanto, el recuento de cultivos implica escanear la escena (mecánica o electrónicamente) con el haz enfocado muy estrecho del radar. En la dirección del haz, la densidad de potencia electromagnética es muy elevada, mientras que en las demás direcciones del espacio es mucho menor (se dice que una antena con una gran capacidad para concentrar la densidad de potencia electromagnética en una dirección determinada es directiva).

La onda enfocada en una dirección del espacio es esencialmente retrodispersada por los blancos (frutos, hojas, troncos, ramas, etc.) que intercepta en esta dirección.

- 10 En efecto, los blancos situados en otras direcciones contribuyen poco al eco, ya que en principio están poco iluminados por la onda emitida por el radar.

Cuando el eco es fuerte en un punto de esta dirección, significa que la onda ha interceptado la superficie de un objeto: para estimar el tamaño del objeto detectado de esta forma, basta con desplazar ligeramente el haz de la antena emisora del radar hasta que el eco se apague.

- 15 El haz de transmisión escanea así toda la escena para permitir la adquisición automática de una imagen radar compuesta por todos los ecos de todos los puntos de la escena. En principio, el tamaño y el número de objetos retrodispersados en la escena pueden deducirse a partir de esta imagen de radar.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de estimación del rendimiento agrícola de una parcela cultivada que comprende una pluralidad de cultivos, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:
- 5 - colocación de un radar (1) a nivel del suelo de la parcela en una unidad (13) de desplazamiento del radar (1) para poder obtener imágenes de los cultivos de la parcela a medida que se desplaza la unidad de desplazamiento del radar (1); comprendiendo dicha unidad de radar (1): un radar (11) configurado para adquirir al menos una imagen de la parcela cultivada, operando dicho radar en el dominio de las ondas continuas moduladas en frecuencia; una unidad de enfoque (12) configurada para enfocar un haz procedente del radar en una dirección de adquisición; y estando la unidad de desplazamiento del radar (13) configurada para desplazar dicho radar dentro de la parcela cultivada de una posición a otra, estando provisto el radar de un dispositivo que permite conocer su desplazamiento,
- 10 - el procedimiento comprende las siguientes etapas realizadas en una unidad de procesamiento (2):
- escaneo (E1), mediante el radar, de la parcela cultivada adquiriendo imágenes de al menos un cultivo durante el movimiento de la unidad de desplazamiento del radar (1), comprendiendo la imagen adquirida varias zonas de contraste, conociendo el radar (1) con precisión su movimiento durante la adquisición de las imágenes;
- 15 - procesamiento (E2) de la imagen adquirida para identificar las zonas de la imagen que corresponden a un cultivo con el fin de extraer al menos un dato representativo del rendimiento de la parcela cultivada, dicho procesamiento consiste en aplicar un procedimiento SAR que aprovecha el barrido de la antena de radar para aumentar el contraste entre la firma radar de los cultivos y su entorno, teniendo en cuenta dicho procesamiento el desplazamiento del radar;
- 20 - determinación (E3) del rendimiento de la parcela cultivada a partir de los datos extraídos.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que los datos representativos del rendimiento incluyen: el número de cultivos presentes en la parcela cultivada y/o el tamaño de cada parcela y/o el peso de cada cultivo.
- 25 3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que el rendimiento se determina contando los cultivos en cada imagen adquirida, obteniéndose dicho rendimiento en particular por el siguiente producto: volumen de un cultivo x número de cultivos por unidad de superficie x tamaño de la parcela x densidad del cultivo.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, adquiriéndose las imágenes mediante la unidad de radar (1) en una banda de frecuencias comprendida entre 24 GHz y 80 GHz.
- 30 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de enfoque consiste en una antena reflectora o una lente electromagnética o un conjunto de antenas, comprendiendo el procedimiento, durante la adquisición, una traslación de la antena o del conjunto de antenas.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 5, en el que el peso del racimo es una extrapolación de los datos extraídos en función de la edad de la parcela cultivada, dicho peso resulta de la medición, o de la correspondencia entre el volumen estimado por el radar y la densidad conocida de los productos medidos.
- 35 7. Procedimiento de estimación según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la adquisición consiste en desplazar el radar en la parcela cultivada de una posición a otra para obtener imágenes del cultivo o cultivos para cada posición del radar, escaneando el radar la parcela cultivada desde cada posición.
- 40 8. Uso de un procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 7 para estimar el rendimiento agrícola de una parcela de frutas u hortalizas.

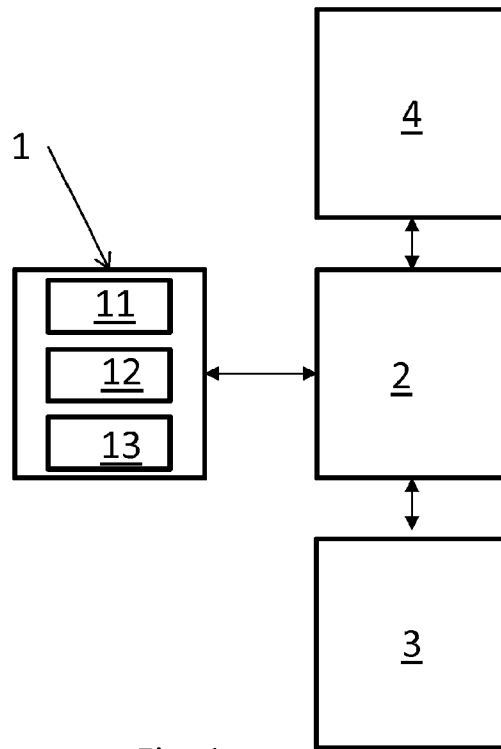


Fig. 1

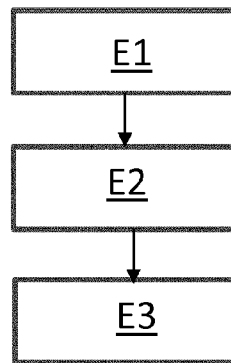


Fig. 2

FIG. 3

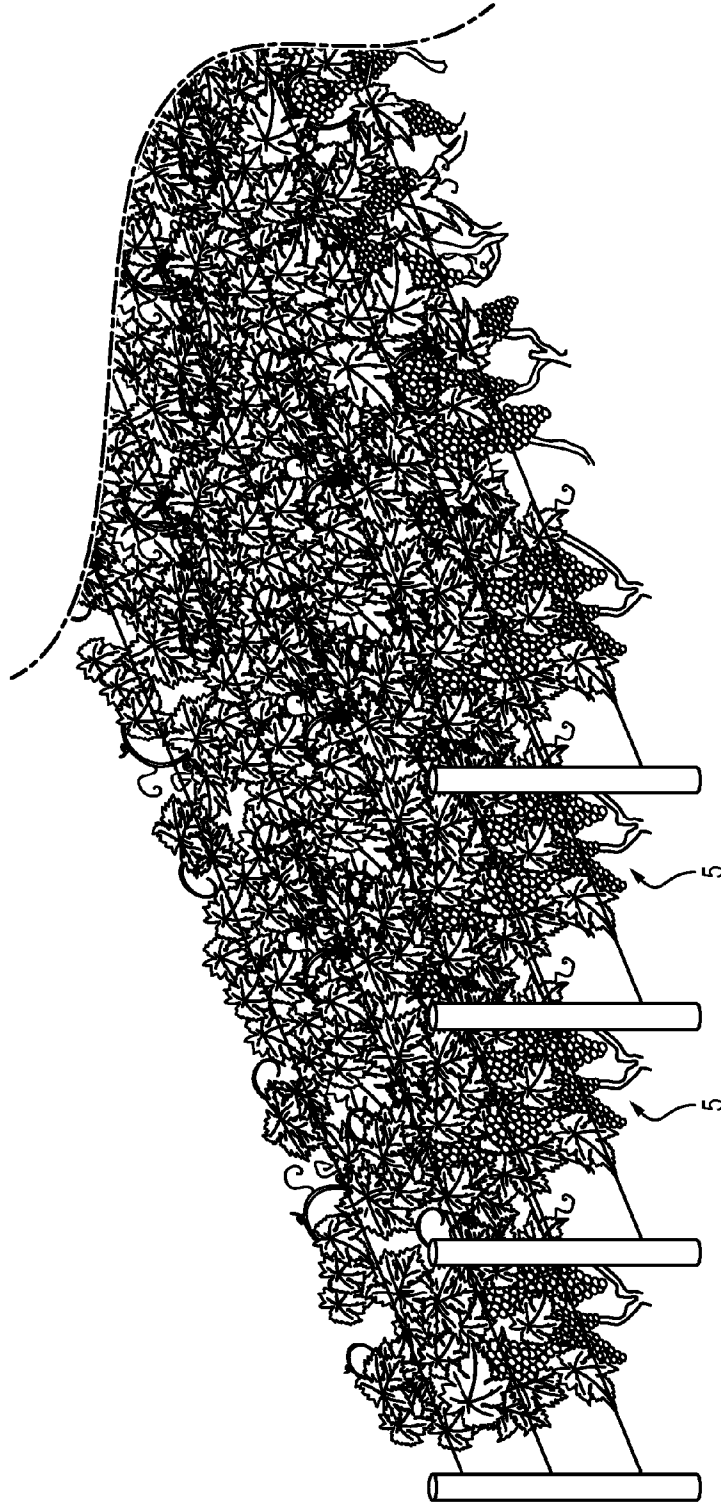


FIG. 4

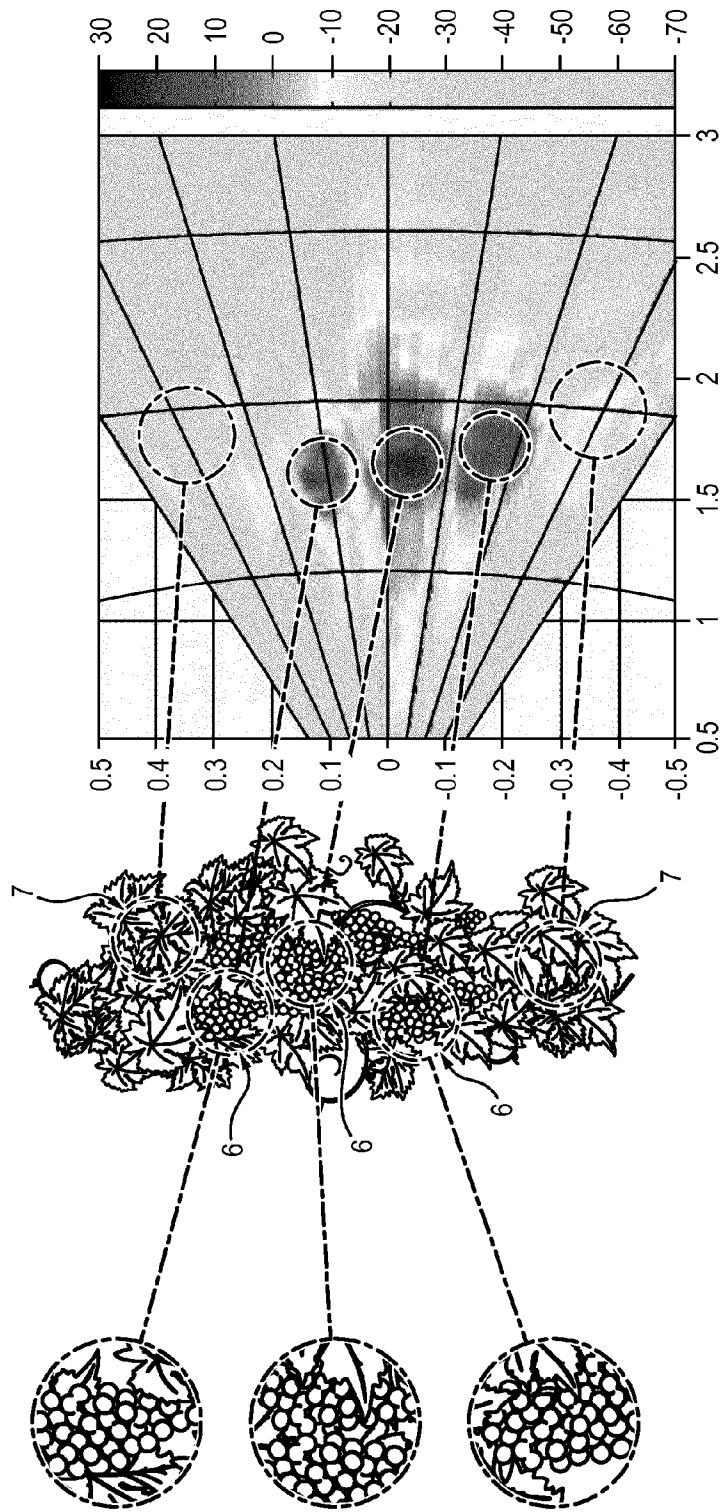


FIG. 5

