

DISPOSITIVO Y MÉTODO PARA DETERMINAR UNA ALTURA DE UN CULTIVO

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La invención se relaciona con un dispositivo y un método para determinar un estado de una planta. Más en particular, la invención tiene que ver con un dispositivo y un método para determinar una altura de un producto agrícola.

ESTADO DE LA TÉCNICA CON RESPECTO A LA INVENCIÓN

Para muchos cultivos agrícolas, es deseable determinar de una manera no invasiva la altura de las plantas, su biomasa u otros parámetros biofísicos mientras el cultivo está en crecimiento. Posibles aplicaciones son las predicciones de rendimiento antes de la cosecha, al igual que la optimización de la tasa y el momento oportuno de las aplicaciones de fertilizantes y agroquímicos. Por ejemplo, se sabe que la biomasa de un cultivo de colza antes del invierno es un indicador valioso de la demanda de nitrógeno en primavera.

Medir la altura de otros productos agrícolas, tales como verduras de hoja, v.g., lechuga y coliflor, cereales, v.g., trigo, maíz, etc., es también importante con el fin de hacerle seguimiento al desarrollo de los cultivos y ajustar las operaciones de labranza tales como aplicaciones de fertilizantes y productos de protección de los cultivos e irrigación.

En el caso de pasto para pastoreo, se entiende que la producción de hojas para pasto se maximiza para pastoreo entre 3,5 y 4 cm de altura residual. Manteniendo la pastura en un estado de crecimiento, se producirá una más alta calidad del pasto en una base de hojas verdes. La altura pre-pastoreo puede estar, v.g., entre 8 y 9 cm, correspondientes a tres hojas aproximadamente. Si tal pasto se consume (*is grazed down*) a entre 3,5 y 4 cm, se esperará un crecimiento en 16.000 kg de disponibilidad de materia seca por hectárea (DM/ha).

Recientemente, se han desarrollado sistemas electrónicos para determinar la altura de un cultivo, los cuales se basan en la obtención de imágenes para llevar a cabo mediciones. Por ejemplo, WO2018/122237 divulga un dispositivo que incorpora un sensor (v.g. un teléfono celular) dispuesto en un palo a una distancia predeterminada del suelo. Se

registra una estéreo-imagen digital de una parte de una planta y la altura de la planta puede determinarse de estas imágenes por medio de análisis de imágenes. Aunque el dispositivo del estado de la técnica brinda a menudo un resultado satisfactorio, sería deseable disponer de un dispositivo aún más versátil. En particular, sería deseable evitar el palo y operar el dispositivo de una manera flexible (*free-hand*) sin necesidad de hardware adicional.

Otros sistemas electrónicos para determinar la altura de un cultivo se divulgan en los documentos WO2013/087052 y DE102008009753. El documento WO2013/087052 divulga un dispositivo que incluye una cámara estéreo incorporada para determinar un parámetro de una planta. Sin embargo, tal cámara estéreo es un dispositivo dedicado, el cual no está presente en la mayoría de dispositivos móviles como smartphones o tablets. El documento DE102008009753 divulga un sensor de ultrasonido dedicado para determinar parámetros adicionales de una planta. En consecuencia, constituye un objeto de la presente invención permitirle a un usuario llevar a cabo la determinación con una cámara del estado de la técnica, sin capacidades estereoscópicas, como las presentes actualmente en dispositivos móviles.

RESUMEN DE LA INVENCION

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un método y un dispositivo, aún más versátiles, para medir la altura de un producto agrícola, tal como colza. Se entenderá que el método puede usarse también para determinar una altura de otros productos agrícolas, tales como coliflor, maíz, pasto u otros cultivos.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, este y otros objetivos se consiguen por un método para medir una altura de un cultivo de un producto agrícola por encima del suelo usando un dispositivo portátil, posicionando el dispositivo portátil encima del producto agrícola, determinando una primera distancia entre el dispositivo portátil y el suelo con base en una señal de vídeo obtenida con una cámara del dispositivo portátil, determinando una segunda distancia entre el dispositivo portátil y el

producto agrícola con base en la señal de vídeo, y determinando la altura del cultivo con base en las distancias determinadas primera y segunda.

De acuerdo con este enfoque, se determinan de manera continua dos distancias de una señal de vídeo de la cámara del dispositivo portátil. Una primera distancia se refiere al suelo, mientras que una segunda distancia se refiere a la parte superior del producto agrícola. La altura del producto puede determinarse entonces fácilmente como la diferencia entre estas distancias (es decir, la primera distancia menos la segunda distancia).

Mediante la expresión “señal de vídeo” (“*video feed*”) se da a entender aquí un caudal continuo de fotogramas de imágenes obtenidos por la cámara. La tasa de fotogramas es típicamente por lo menos cinco o por lo menos diez fotogramas por segundo (fps - *frames per second*) y, para un teléfono celular típico, puede ser, v.g., 30 pfs o 60 fps.

Con este enfoque de medición continua, un usuario puede determinar la altura del producto agrícola en movimiento, sosteniendo simplemente el dispositivo encima del producto. El uso de una señal de vídeo le permite al usuario desplazarse caminando a través del campo en una manera continua. De acuerdo con el método previamente divulgado (WO2018/122237), se le pidió al usuario detenerse mientras el dispositivo obtenía imágenes del producto agrícola. Por lo tanto, la presente invención permite una medición más rápida de una parcela de terreno dada o campo.

Con el fin de determinar la distancia al suelo, es necesario que la tierra “en descubierto” pueda verse por lo menos ocasionalmente entre especímenes del producto agrícola. En consecuencia, el método es particularmente útil para productos que no son demasiado densos.

De acuerdo con una modalidad, cada distancia se obtiene de un módulo de rastreo de distancia del dispositivo portátil, módulo de rastreo de distancia que se configura para determinar de manera continua una o varias distancias entre el dispositivo portátil y objetos en el campo de visión de la cámara, con base en la señal de vídeo. Identificando el suelo y el producto agrícola en el campo de visión (es decir, en la imagen de vídeo) pueden identificarse las distancias primera y segunda.

Tal módulo de rastreo puede estimar distancias con base en el contenido de una pluralidad de imágenes consecutivas (fotogramas), pero puede incluir adicionalmente otros sensores, tales como un acelerómetro, un giroscopio o una cámara de tiempo de vuelo.

El módulo de rastreo puede configurarse además para guardar, en intervalos regulares de tiempo, distancias determinadas en un área de memoria designada, de la cual puedan obtenerse las distancias primera y segunda luego de identificar el suelo y el producto agrícola en la imagen de vídeo.

Tales módulos de rastreo y áreas de memoria son conocidos en la técnica y un ejemplo, compatible con la presente invención, es la biblioteca Google ArCore®. La biblioteca Google ArCore se desarrolló originalmente para aplicaciones de teléfonos celulares usando la realidad virtual. No obstante, se descubrió que la misma biblioteca podía usarse en la presente invención.

En algunas modalidades, el método incluye guardar un registro, que contiene datos representativos de la altura determinada, en una memoria del dispositivo portátil y/o en una base de datos en comunicación con el dispositivo portátil. Por consiguiente, la altura medida se encuentra disponible para inspección y/o uso posterior.

El método puede incluir igualmente determinar una posición del dispositivo portátil, usando una unidad incorporada de determinación de la posición, tal como una unidad GPS, y guardar datos representativos de la posición en el registro. Por lo tanto, el registro puede contener datos representativos de la altura determinada del producto agrícola y la localización en la cual se determinó la altura.

La altura del producto puede determinarse en una pluralidad de localizaciones, para crear un patrón de la altura del producto a través de un área. En este caso, el método puede incluir además estimar una altura del producto agrícola para posiciones adicionales dentro de un área geográfica con base en la altura determinada en la pluralidad de posiciones medidas. Tal estimación puede incluir usar interpolación y/o extrapolación. El área geográfica puede seleccionarse por el usuario. La altura del producto agrícola puede, v.g., interpolarse entre alturas en localizaciones medidas. La altura del producto agrícola

entre una posición medida y el perímetro del área geográfica puede estimarse, v.g., por extrapolación. Alternativa, o adicionalmente, la altura del producto agrícola puede estimarse promediando las alturas individuales determinadas.

De acuerdo con un aspecto adicional de la invención, puede estimarse un parámetro biofísico de un producto agrícola dentro de un área determinando la altura del cultivo del producto agrícola, tal como se describe más arriba, y calculando el parámetro biofísico del producto agrícola con base en la altura determinada. Ejemplos de parámetros biofísicos incluyen, v.g., la biomasa, el ángulo de las hojas, el tamaño de las hojas, el índice del área de las hojas, y la cubierta vegetal. El parámetro biofísico, v.g., la biomasa de materia seca en kg o kg/ha, puede determinarse, v.g., de la altura determinada por un factor determinado por un modelo empírico. El cálculo puede hacerse en una unidad de procesamiento del dispositivo portátil, o en una unidad de procesamiento remota.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, este y otros objetivos se consiguen por un dispositivo portátil que comprende una cámara, y una unidad de procesamiento configurados para:

- determinar una primera distancia entre el dispositivo portátil y el suelo por encima del cual se sostiene el dispositivo de comunicaciones con base en una señal de vídeo obtenida con la cámara,
- determinar una segunda distancia entre el dispositivo portátil y un producto agrícola por encima del cual se sostiene el dispositivo de comunicaciones con base en la citada señal de vídeo, y
- determinar una altura del producto agrícola con base en las distancias determinadas primera y segunda.

De acuerdo con todavía otro aspecto de la presente invención, este y otros objetivos se consiguen por un producto de programa informático que incluye porciones de código fuente configuradas, cuando se corren en la unidad de procesamiento de un dispositivo portátil, el cual se ha posicionado por encima del suelo sobre un producto agrícola, para ejecutar un método de acuerdo con el primer aspecto. El producto de

programa informático puede configurarse para operar, v.g., bajo el sistema operativo Android, el sistema operativo Apple IOS, y/o el sistema operativo Windows.

Se entenderá que cualquiera de los aspectos, características y opciones descritos en vista del método se aplican igualmente al dispositivo portátil, el sistema, el soporte y el producto de programa informático, y viceversa. Será igualmente claro que uno cualquiera o más de los aspectos, características y opciones ya indicados pueden combinarse.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente invención se describirá en más detalle con referencia a los dibujos acompañantes, que muestran modalidades ejemplares de la invención, preferidas actualmente.

Figura 1 es una vista en perspectiva de un dispositivo de comunicaciones sostenido sobre hileras de productos agrícolas.

Figura 2 es una diagrama de bloques esquemático de un dispositivo de comunicaciones de acuerdo con una modalidad de la invención.

Figura 3 muestra el dispositivo en figura 2 que ilustra una interfaz de usuario de acuerdo con una modalidad de la invención.

Figura 4 es un digrama de flujo de un método de acuerdo con una modalidad de la invención.

Figura 5 muestra el dispositivo en figura 1 que ilustra un campo corriente de visión de la cámara.

Las modalidades ejemplares se dan a modo de ilustración no limitante. Se debe observar que las figuras son únicamente representaciones esquemáticas de modalidades de la invención las cuales se dan a modo de ejemplo no limitante.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Figura 1 representa un producto agrícola en la forma de plantas **1** de un cultivo (v.g., maíz) plantado en hileras **2**, con el suelo subyacente **3** visible entre las hileras **2**. La altura de las plantas se indica por **h**. Se muestra un dispositivo portátil **10** en una posición encima de las plantas, en una primera distancia **h_g** al suelo, y en una segunda distancia **h_c** al cultivo, es decir, a las partes superiores de las plantas **1**.

En figura 1, el dispositivo portátil **10** se ilustra como “flotando” en el aire, pero en realidad, por supuesto, se sostendría o portaría por un usuario. Alternativamente, el dispositivo **10** puede montarse en un soporte a una distancia apropiada del suelo. El soporte puede ser, v.g., calzado, un bastón para caminar, un vehículo manejado por un usuario, un poste, una reja, una cerca, un robot móvil, un vehículo aéreo no tripulado (dron), un animal, o similares. Opcionalmente, el soporte puede configurarse para apoyar el dispositivo en una pluralidad de posiciones diferentes, es decir, a diferentes distancias del suelo. Las diferentes posiciones de montaje pueden asociarse con diferentes rangos de medición. Un primer rango de medición puede ser, v.g., para alturas del producto agrícola de desde 0 a 2 cm. Un rango de medición puede ser, v.g., para alturas del producto agrícola de desde 1 a 30 cm. Un tercer rango de medición puede ser, v.g., para alturas del producto agrícola de desde 20 a 100 cm. No obstante, son posibles otros rangos de medición.

El dispositivo portátil **10** se ilustra aquí generalmente como un smartphone, pero los componentes y propiedades de un dispositivo portátil de acuerdo con la invención se discutirán en mayor detalle con referencia a figura **2**. El dispositivo incluye una cámara **11** configurada para obtener una señal de video (es decir, una secuencia de fotogramas de imagen). La señal de vídeo puede tener una tasa de fotogramas de 10 fps (fotogramas por segundo) o más. Como un ejemplo, la tasa de fotogramas de un smartphone típico es 30 fps o 60 fps. Los video datos adquiridos actualmente pueden designarse como el “campo de visión” de la cámara. El dispositivo comprende así mismo un visualizador **12**, v.g., una pantalla táctil, que cuenta típicamente con un modo operativo en el cual se configura para

presentar el campo de visión en tiempo real. El dispositivo incluye igualmente un sistema de circuitos eléctricos de procesamiento (procesador) **13** y una memoria de trabajo **14**.

El dispositivo se provee además con un módulo de rastreo de distancia **15** – eventualmente incorporado por el procesador **13** o un sistema adicional de circuitos eléctricos (separado o empotrado) – configurado para determinar una distancia a un conjunto de puntos **n** en el campo de visión. El conjunto de puntos (coordenadas **x**, **y** y **z**) se ponen continuamente a disposición en una porción **14a** de la memoria de trabajo del dispositivo **14**. Los puntos identificados **P** pueden indicarse en el campo de visión (véase figura 3). Tal módulo de rastreo de distancia **15** con memoria asociada **14a** se conoce en la técnica, y un ejemplo es la biblioteca Google ArCore®, que corre en el sistema operativo Android®. La estimación de la distancia se lleva a cabo principalmente con base en los video datos, es decir, un flujo continuo de fotogramas de imágenes. Con el fin de permitir la estimación de la distancia con base en tal flujo de imágenes, las imágenes necesitan ser ligeramente diferentes; en otras palabras, la cámara **11** requiere moverse por lo menos ligeramente. Sensores adicionales **16**, tales como un giroscopio y/o un acelerómetro, pueden estar igualmente incluidos en el proceso de estimación de la distancia.

Adicionalmente, el dispositivo **10** se provee aquí con un sistema de posicionamiento global (GPS) **19** o dispositivo de localización similar, configurado para indicar la posición del dispositivo en coordenadas geográficas. Preferiblemente el dispositivo **10** tiene además una interfaz de comunicaciones inalámbricas **17**, en comunicación con una base de datos remota **18**.

De acuerdo con algunas modalidades, datos representativos de un área de terreno, en la cual se va a determinar la altura del producto agrícola, puede guardarse en un almacenamiento local (v.g. en la memoria **14**) o en la base de datos remota **18**. Es factible, por ejemplo, marcar el área de terreno en un mapa en una pantalla, tal como una pantalla táctil, del dispositivo portátil. Tal marcación puede incluir un dibujo de un contorno perimetral alrededor del área de terreno, v.g., en el mapa o fotografía aérea. Alternativa, o adicionalmente, puede ser posible demarcar el área de terreno moviendo físicamente el

dispositivo portátil a lo largo del perímetro del área de terreno, y guardar las localizaciones, tales como coordenadas GPS, del perímetro. Alternativa, o adicionalmente, datos representativos del perímetro del área de terreno pueden descargarse o subirse al dispositivo portátil o la base de datos. Por consiguiente, es posible identificar un área de terreno, v.g. una pastura predeterminada, en la cual se va a determinar la altura del producto agrícola. Se entenderá que el(los) registro(s) antes mencionado(s) puede(n) incluir una indicación del área de terreno, v.g., un nombre y/o un número.

De acuerdo con una modalidad de la invención, la unidad de procesamiento **13** se configura para poner en práctica un método de acuerdo con el diagrama de flujo en figura **4**. El método puede implementarse mediante un código fuente (*software code*) guardado en la memoria **14** y ejecutado por la unidad de procesamiento **13**. El software puede incorporarse por ejemplo como una *app* que corre en el sistema operativo del dispositivo, v.g. Android®, Apple IOS® o Windows®.

Figura 3 muestra un dispositivo **10** desplegando la interfaz de usuario de una modalidad de la invención. Aquí la interfaz de usuario incluye un área de visualización **23** y una porción inferior **24** que comprende uno o más controles de pantalla táctil **25** que posibilitan la interacción del usuario. Tal como se discutirá a continuación, un control, v.g., puede activar la determinación de una altura de un cultivo h_c en una localización actual. Otros controles, v.g., pueden cambiar el contenido del área de visualización o activar una calibración del dispositivo.

Aquí el área de visualización **23** exhibe una representación **20** de un área geográfica, definida o seleccionada previamente e ingresada en un almacenamiento local o remoto, tal como se mencionó más arriba. La representación gráfica **20** puede incluir, v.g., acotaciones tales como carreteras **22**, para ayudar a un usuario a identificar el área en el mundo real. La representación **20** del área de terreno puede mostrarse, v.g., en superposición en un mapa o fotografía aérea.

Con referencia a figura 4, primeramente, en el paso **S1**, el software se inicia, v.g. cancelando los datos en la memoria de trabajo (*by clearing the working memory*) y lanzando

(iniciando) el módulo **13** y la memoria **14**, v.g., la biblioteca ArCore® de un dispositivo Android®. A continuación, en el paso **S2**, el dispositivo **10** se lleva a una posición por encima de las hileras **2** de plantas, y se mantiene en ligero movimiento. El módulo de rastreo de distancia **15** identificará entonces automáticamente un conjunto de puntos n (x, y) en el plano de imagen para el cual se determina una distancia (z) del plano de imagen. La distancia z se determina de la señal de vídeo, es decir, el flujo de fotogramas de imágenes obtenidos por la cámara. Puede usarse igualmente una entrada adicional de datos, de los sensores **16**. A medida que se mueve el dispositivo **10**, se rastrean continuamente los puntos en el conjunto.

Figura 5 muestra un pantallazo ficticio, que muestra un campo de visión instantáneo con una pluralidad de puntos P_g , P_c marcados allí. Estos puntos indican coordenadas (x, y) en el plano de imagen para el cual el módulo **15** ha estimado una distancia (z). Estos puntos se indican también esquemáticamente en figura 1. Tal como se desprende claramente de figuras 1 y 5, un primer subconjunto de puntos P_g se localizan sobre el suelo entre hileras **2** de plantas **1**, mientras que un segundo subconjunto de puntos P_c se localizan sobre las plantas **1** en sí.

En el paso **S3**, el control del programa espera una entrada de datos del usuario para disparar la obtención de datos. La entrada de datos del usuario puede ser un botón de hardware (v.g., control de volumen) o un control **25** basado en la pantalla táctil como se discutió más arriba. En respuesta a recibir una señal de disparo, el control del programa continúa al paso **S4**, en donde se obtiene una posición actual de la cámara (X, Y, Z) del sistema de localización **19**, y el conjunto actual de puntos n (x, y, z) se adquieren (se leen) de la biblioteca ArCore®. Tal como se mencionó más arriba, las coordenadas x y y se toman para indicar la posición en el plano de imagen, y la coordenada z se toma para representar la distancia normal del plano de imagen al punto.

En el siguiente paso **S5**, se procesa el conjunto de puntos n para determinar una primera distancia d_g al suelo y una segunda distancia d_c a los cultivos (es decir, la parte superior de las plantas **1**).

De acuerdo con un enfoque, la distancia al suelo d_g y la distancia al cultivo d_c se calculan de percentiles de todos los puntos en la imagen, v.g:

$$d_g = P_{90}(z_i)$$

$$d_c = P_{10}(z_i)$$

donde $P_q(z_i)$ es el q -ésimo percentil de todos los valores z en la imagen.

De acuerdo con otro posible enfoque, un subconjunto de puntos más distantes de la cámara se eligen como puntos P_g localizados sobre el suelo, mientras que un subconjunto de puntos muy próximos a la cámara se eligen como puntos P_c localizados en las partes superiores de las plantas. Puede ser ventajoso hacer caso omiso completamente de los puntos extremos, los cuales pueden considerarse causados por errores o interferencia.

Como una alternativa a esta última, o como un criterio adicional, el color de los puntos puede usarse para distinguir puntos del suelo de puntos del cultivo. Por ejemplo, los puntos del suelo (marrón) P_g pueden separarse de los puntos del cultivo (verde) P_c por medio de valores de color rojo verde azul (RGB) de los pixeles respectivos.

Las distancias primera y segunda d_g y d_c pueden determinarse entonces como el promedio de las coordenadas z de los puntos P_g y P_c , respectivamente. Si estas coordenadas z se etiquetan z_{gi} y z_{ci} , respectivamente, para $i=1,...,N$, donde N es el número de puntos en cada subconjunto, d_g y d_c vienen dados por:

$$d_g = \frac{1}{N_g} \sum_{n=1}^{N_g} z_{gi}$$

$$d_c = \frac{1}{N_c} \sum_{n=1}^{N_c} z_{ci}$$

Opcionalmente, cada punto incluye así mismo un valor de confianza, c . Usando las mismas notaciones, d_g y d_c vienen dadas entonces por:

$$d_g = \frac{1}{\sum c_{gi}} \sum_{n=1}^{N_g} c_{gi} z_{gi}$$

$$d_c = \frac{1}{\sum c_{ci}} \sum_{n=1}^{N_c} c_{ci} z_{ci}$$

En el paso **S6**, la altura del cultivo se determina tomando la diferencia entre la distancia al suelo y la distancia a los cultivos, es decir, $h_c = d_g - d_c$.

Se debe observar que no siempre puede ser posible determinar una altura fiable del cultivo del conjunto de puntos obtenidos de la biblioteca ArCore o módulo similar. Por ejemplo, puede haber un número insuficiente de puntos P_g en el suelo, o una dispersión demasiado amplia de distancias al cultivo.

Cuando se ha realizado una medida fiable de la altura del cultivo, el control del programa continúa al paso **S7**, para indicar la localización actual (**X**, **Y**, **Z**) en una representación **20** de un área geográfica como una “localización medida” L_m . Un registro que contiene la altura de cultivo determinada h_c en asociación con la localización actual puede guardarse igualmente en la memoria local **14** o en la base de datos remota **18**.

Los pasos **S2 – S7** se repiten hasta que se determina en el paso **S8** que se ha finalizado el proceso de recolección de datos, v.g., después de recibir datos de entrada adicionales del usuario que terminan el proceso. En este momento, una pluralidad de localizaciones medidas L_m se indicará en el área de visualización **23**, tal como se muestra en figura 5. Debe observarse que las distintas localizaciones medidas pueden estar cerca o lejos unas de otras, dependiendo de cuándo el usuario dispara la adquisición de datos.

Continuando el proceso en figura 4, el método ilustrado aquí incluye un paso postprocesamiento **S9**, que ocurre cuando se completa la recolección de datos, v.g., cuando el usuario indica que se ha medido un número suficiente de localizaciones. En este paso postprocesamiento, se calcula la altura promedio del cultivo y/o la biomasa del cultivo para el área geográfica indicada por la representación **20**.

Si se requiere, o se considera ventajoso, una altura calculada del cultivo para localizaciones adicionales L_A , L_B puede determinarse usando, v.g., interpolación o extrapolación. Por ejemplo, la altura del cultivo en una localización L_A entre dos localizaciones medidas L_m puede calcularse por interpolación. Análogamente, la altura del

cultivo en una localización L_B entre una localización medida y el confín **21** del área geográfica **20** puede determinarse por extrapolación. Tales localizaciones adicionales pueden servir para mejorar la determinación de la altura promedio del cultivo.

Con base en la altura promedio del cultivo determinada del área geográfica, la unidad procesadora **13** puede configurarse para calcular un parámetro biofísico del producto agrícola dentro del área geográfica. Por ejemplo, la biomasa de materia seca, expresada, v.g., en kg o kg /ha, puede determinarse multiplicando la altura determinada por un factor empírico. El modelo empírico usado para determinar el factor empírico puede ser específico de la variedad de cultivo y la fase de crecimiento.

En un paso final **S10**, los resultados del área geográfica seleccionada, v.g., incluyendo la altura promedio del cultivo y/o la biomasa calculada pueden mostrarse al usuario en una manera apropiada. Por ejemplo, pueden usarse los controles de la pantalla táctil **25** para cambiar el área de visualización para mostrar resultados de datos relevantes para el área geográfica.

Cuando la altura h_c del producto agrícola se determina en por lo menos dos momentos en el tiempo, puede determinarse el crecimiento y/o la tasa de crecimiento del producto agrícola. El crecimiento y/o la tasa de crecimiento puede indicar si al producto agrícola se le suministran o no nutrientes y agua de manera suficiente, y puede, por consiguiente, usarse para disparar la aplicación de fertilizantes o agua.

Alternativa, o adicionalmente, un estado nutricional del producto agrícola puede determinarse de un color de la hoja del producto agrícola. Puesto que en el método descrito se toma ya por lo menos una imagen del producto agrícola, el color de la hoja puede determinarse de esa imagen.

El dispositivo portátil **10** puede estar en comunicación con un sistema aplicador, tal como un sistema de fertilizantes, un sistema de irrigación o similares. El estado nutricional del producto agrícola o una necesidad de un nutriente particular y/o agua, o datos representativos de los anteriores, pueden comunicarse al sistema aplicador. En consecuencia el agua y/o los nutrientes pueden suministrarse al producto agrícola sobre la

base del estado nutricional calculado. Se entenderá que el estado nutricional puede determinarse en función de una posición dentro de un área geográfica **20**, como se describe más arriba para la altura.

Aquí, la invención se describe con referencia a ejemplos específicos de modalidades de la invención. No obstante, será evidente que pueden introducirse varias modificaciones y cambios, sin apartarse de la esencia de la invención. Para fines de claridad y una descripción concisa, se definen aquí características como parte de las mismas o modalidades separadas; sin embargo, se contemplan igualmente modalidades alternativas que tienen combinaciones de todas o algunas de las características descritas en estas modalidades separadas.

En las reivindicaciones, cualesquiera signos de referencia puestos entre paréntesis no deben interpretarse como limitando la reivindicación. La palabra 'comprendiendo' no excluye la presencia de otras características o pasos distintos de los enumerados en una reivindicación. Por lo demás, las palabras 'un' y 'uno' no se interpretarán como limitados a 'únicamente uno', sino más bien se usan para significar 'por lo menos uno', y no excluyen una pluralidad. El simple hecho de que ciertas medidas se enumeren en reivindicaciones mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no pueda usarse ventajosamente.