

DETECCIÓN DE DEFICIENCIA DE NUTRIENTES EN LAS PLANTAS

Campo técnico

5 La presente invención se relaciona en general a la detección de deficiencias de nutrientes en las plantas.

Antecedentes de la invención

10 La deficiencia de nutrientes en las plantas puede ralentizar el crecimiento o provocar estrés, lo que en última instancia conduce a una reducción del rendimiento y pérdidas económicas para los agricultores. Ejemplos de nutrientes requeridos por las plantas son los macronutrientes, los nutrientes secundarios y los micronutrientes, en donde los macronutrientes son consumidos en mayores cantidades por las plantas que los micronutrientes. Ejemplos de macronutrientes y
15 micronutrientes importantes que son importantes para el crecimiento de las plantas incluyen nitrógeno y hierro, respectivamente.

Muchos tipos de deficiencias de nutrientes se notan primero por la decoloración de las hojas. Hay decoloraciones particulares que se observan cuando un nutriente específico está ausente y, por lo tanto, es
20 posible identificar una deficiencia particular al estudiar estas decoloraciones. Si bien existen soluciones disponibles para detectar deficiencias de nutrientes en las plantas, a menudo se las considera inadecuadas o demasiado complicadas. Por lo tanto, se percibe la necesidad de nuevas soluciones. El documento US 8 724 979 B2 divulga
25 un aparato de formación de imágenes para obtener imágenes de un objeto en un compartimiento bajo iluminación controlada.

Resumen de la invención

30 Un objetivo de la presente invención es proporcionar una solución mejorada o alternativa para detectar deficiencias de nutrientes en las plantas.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, este y

otros objetos se logran mediante una carcasa para usar en un sistema para estimar una deficiencia de un nutriente en una hoja de una planta, en donde la carcasa comprende una cubierta superior adaptada para recibir un dispositivo de formación de imágenes que incluye una cámara y una

5 fuente de luz, en donde la cubierta superior comprende al menos una abertura para permitir que la cámara y la fuente de luz accedan al interior de la carcasa, una placa inferior que tiene una superficie orientada hacia el interior de la carcasa, cuya superficie está provista con un patrón que incluye áreas que tienen un color predefinido, y una pared lateral, en

10 donde la cubierta superior, la placa inferior y la pared lateral definen un espacio que constituye un interior de la carcasa, en donde, en uso, se coloca una hoja en el superficie y se adquiere una imagen de la hoja, por lo que las áreas permiten la calibración del color de una imagen adquirida.

La carcasa ayuda a crear un espacio oscuro alrededor de la hoja, lo que ayuda a aumentar la calidad de las imágenes de la hoja adquirida mediante el dispositivo de formación de imágenes. Las paredes de la carcasa, incluidas las superficie superior e inferior, pueden ser de un material que bloquee la luz (no transmisor) para evitar que la luz natural entre en la carcasa e influya en la medición. Además, la carcasa puede

15 ser particularmente conveniente para transportar y fácil de operar, facilitando así el trabajo de los agrónomos y otras personas que visitan diferentes sitios donde crecen las plantas para realizar estimaciones de deficiencia de nutrientes. Aún más, la carcasa se puede fabricar de manera rentable utilizando materiales de bajo coste y técnicas de

20 fabricación sencillas.

El espacio oscuro de la carcasa ayuda a adquirir imágenes con una reproducción de color uniforme, lo que permite el análisis de color de las imágenes. Sin embargo, también hay otras fuentes de variación de color, por ejemplo, variación en la distribución espectral de la luz de la fuente de

25 luz (flash) y variaciones en la sensibilidad del color en el sensor de imagen de la cámara. Por ejemplo, las fuentes de luz de diferentes dispositivos (por ejemplo, diferentes teléfonos móviles) normalmente

30

están configuradas para emitir luz blanca, pero la luz emitida aún puede ser diferente con respecto a la intensidad, la temperatura del color, etc.

5 Por esta razón, el patrón según la presente invención se usa para la calibración del color de la imagen adquirida. Específicamente, el patrón incluye áreas de un color conocido (por ejemplo, blanco), de modo que los píxeles de la imagen adquirida que se relacionan con dichas áreas de color conocido pueden usarse como referencia de color. Esto permite que el dispositivo calibre (corrija) el color de toda la imagen adquirida, incluida la hoja, para que sea útil para el análisis.

10 El patrón puede ser en blanco y negro, como puntos blancos sobre un fondo negro.

Son posibles diferentes formas de acceder al interior de la carcasa. Por ejemplo, la placa inferior puede ser desmontable. Alternativamente, la cubierta superior puede estar conectada de manera articulada a una de dichas paredes laterales. En una realización, toda la carcasa es plegable hasta un estado sustancialmente plano. En su estado plano, la carcasa puede ser más conveniente para almacenar y transportar.

15 En una realización, el patrón es un patrón repetitivo (periódico), para permitir la detección de un tamaño y/o forma de la hoja en la imagen adquirida. Al detectar qué puntos blancos son visibles (es decir, no oscurecidos por la hoja), se puede aproximar el tamaño y la forma.

20 La cubierta superior puede estar rebajada para acomodar el dispositivo de formación de imágenes, y la carcasa puede comprender además medios para asegurar temporalmente el dispositivo de formación de imágenes en la tapa superior.

25 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se presenta un sistema para estimar una deficiencia de un nutriente en una hoja de una planta, en donde el sistema comprende: una cubierta según el primer aspecto de la presente invención; un dispositivo de formación de imágenes y un dispositivo de procesamiento (unidad), configurados para calibrar el color de una imagen adquirida y estimar la deficiencia en función de una imagen de la hoja adquirida mediante el dispositivo de

30

formación de imágenes cuando la hoja se coloca dentro de la carcasa en la superficie de la placa inferior.

5 El dispositivo de formación de imágenes puede ser, por ejemplo, un dispositivo portátil de formación de imágenes, como un teléfono móvil, que incorpore también el dispositivo de procesamiento (unidad).

El segundo aspecto de la presente invención puede exhibir las mismas o similares características y efectos técnicos que el primer aspecto, y viceversa.

10 El dispositivo de procesamiento (unidad) puede configurarse para estimar la deficiencia en función de la imagen de la hoja mediante el análisis de la hoja representada en imagen a lo largo de al menos dos líneas rectas, en donde cada línea recta se extiende en la dirección latitudinal de la hoja y/o une dos puntos ubicados en el margen de la hoja.

15 Los inventores de la presente invención se han dado cuenta de que las deficiencias de nutrientes en las plantas pueden detectarse mediante el análisis de un conjunto relativamente pequeño de datos que pueden obtenerse al analizar líneas elegidas ponderadamente en una imagen de la hoja. El número de líneas depende de varios factores, como el tamaño y la forma de la hoja. Cuanto más grande es la hoja,
20 normalmente se definen más líneas. Por lo general, se requieren al menos dos líneas para obtener la información necesaria para estimar de manera confiable si la hoja sufre o no una deficiencia de nutrientes y, de ser así, el tipo de deficiencia.

25 El análisis de la hoja representada en imagen a lo largo de al menos dos líneas rectas por el dispositivo de procesamiento puede incluir: determinar la longitud de cada línea recta para determinar la edad de la hoja; medir el color de la hoja representada en imagen a lo largo de cada línea recta; y evaluar al menos un componente de la hoja a lo largo de cada línea recta, y el dispositivo de procesamiento puede configurarse
30 para estimar la deficiencia en función de la edad determinada, el color medido y el al menos un componente de la hoja evaluado.

Es útil conocer la edad de la hoja para determinar las deficiencias

de nutrientes. La mayoría de las deficiencias de macronutrientes se presentan en las hojas más viejas, ya que estos nutrientes son móviles y se trasladan a las hojas más jóvenes en condiciones de estrés. La mayoría de las deficiencias de micronutrientes se presentan, por otro lado, en las hojas más jóvenes, ya que no son muy móviles.

Evaluar al menos un “componente de la hoja” puede comprender, por ejemplo, determinar el número de nervaduras que cruzan las líneas y/o determinar los tamaños de las regiones entre las nervaduras. El tamaño de tales regiones puede dar una indicación de la cantidad de clorofila en la hoja, ya que las regiones grandes se asocian con grandes cantidades de clorofila.

Se puede estimar cualquier deficiencia, por ejemplo, al comparar imágenes de la hoja con imágenes en una biblioteca de referencia. En una realización más avanzada, se puede usar un modelo de aprendizaje automático configurado. El uso de un modelo de aprendizaje automático puede ayudar a mejorar la calidad de las estimaciones.

De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, se presenta un dispositivo para usar con una carcasa según el primer aspecto, el dispositivo comprende una cámara, una fuente de luz y un dispositivo de procesamiento (unidad) configurado para realizar la calibración de color de una imagen adquirida mediante la cámara de una hoja colocada sobre una superficie de una placa inferior de una carcasa según el primer aspecto.

El dispositivo de procesamiento puede configurarse para estimar la deficiencia en función de la imagen de la hoja mediante el análisis de la hoja representada en imagen a lo largo de al menos dos líneas rectas, en donde cada línea recta se extiende en la dirección latitudinal de la hoja y/o une dos puntos ubicados en el margen de la hoja.

De acuerdo con un cuarto aspecto de la presente invención, se presenta un método para determinar una deficiencia de un nutriente en una hoja, en donde el método comprende colocar la hoja sobre la superficie provista con el patrón en blanco y negro de la placa inferior de

la carcasa según el primer aspecto de la presente invención, colocando un dispositivo de formación de imágenes en la cubierta superior de la carcasa, adquiriendo una imagen de la hoja mediante el dispositivo de formación de imágenes cuando la hoja se coloca dentro de la carcasa en la superficie de la placa inferior, usando el patrón para calibrar el color de la imagen adquirida; y estimar dicha deficiencia al procesar la imagen de color calibrada.

El procesamiento puede incluir el análisis de la hoja representada en imagen a lo largo de al menos dos líneas rectas, en donde cada línea recta se extiende en la dirección latitudinal de la hoja y/o une dos puntos ubicados en el margen de la hoja.

El método puede incluir, además: determinar la longitud de cada línea recta para determinar la edad de la hoja; medir el color de la hoja representada en imagen a lo largo de cada línea recta; y evaluar al menos un componente de la hoja a lo largo de cada línea recta, en donde el método comprende, además: estimar la deficiencia en función de la edad determinada, el color medido y el al menos un componente de la hoja evaluado.

El método según el cuarto aspecto de la presente invención puede comprender además determinar una fertilización para la planta en función de la deficiencia estimada. El método permite recomendar una fertilización para la planta de una manera particularmente simple y rápida. Por ejemplo, si se determina que a la planta le falta hierro, entonces la recomendación puede ser darle a la planta cierta cantidad de hierro o simplemente darle más hierro a la planta.

Breve descripción de los dibujos

Estos y otros aspectos de la presente invención se describirán ahora con más detalle, con referencia a los dibujos adjuntos que muestran una realización actualmente preferida de la invención. Sin embargo, la invención no se limita a las realizaciones divulgadas.

La figura 1 es una vista esquemática en perspectiva de un sistema

según una realización de la presente invención.

La figura 2 es una imagen esquemática de una hoja.

La figura 3 es un diagrama de flujo de un método según una o más realizaciones de la presente invención.

5 La figura 4 es una vista en perspectiva de una carcasa según una realización de la invención.

Descripción detallada

10 La figura 1 muestra un sistema 1 para estimar una deficiencia de un nutriente en una hoja 100 que se ha extraído de una planta. Por lo tanto, la hoja 100 puede denominarse alternativamente hoja de planta. El sistema 1 comprende un dispositivo de formación de imágenes 2 que comprende una cámara 3 y una fuente de luz (flash) 4. El dispositivo de formación de imágenes 2 es aquí un teléfono móvil convencional con una

15 cámara y un flash integrados. En la figura 1, la cámara 3 y el flash 4 están ubicados uno al lado del otro en el lado del dispositivo de formación de imágenes 2 que mira hacia abajo. En un ejemplo diferente, el dispositivo de formación de imágenes 2 puede ser de un tipo diferente, como una cámara que no está integrada con un teléfono móvil. El dispositivo de

20 formación de imágenes 2 aquí también comprende una pantalla 5. Un usuario puede ver las imágenes adquiridas por el dispositivo de formación de imágenes 2 así como otras piezas de información en la pantalla 5. El dispositivo de formación de imágenes 2 está configurado en este caso para la comunicación inalámbrica con dispositivos remotos.

25 Específicamente, el dispositivo de formación de imágenes 2 es en este caso capaz de enviar y recibir señales Wi-Fi y señales de redes móviles, tales como señales GSM y señales LTE.

El sistema 1 comprende además una carcasa 6. La carcasa 6 es en este caso una carcasa rectangular. Más concretamente, la carcasa 6

30 tiene una pared lateral 7 y una cubierta superior 8. La cubierta superior 8 está adaptada para recibir el dispositivo de formación de imágenes 2, y aquí es esencialmente plana. En el caso ilustrado, la pared lateral 7 tiene

cuatro caras que forman una forma rectangular, pero la pared lateral podría haber sido un cilindro liso, por ejemplo, formando una forma ovalada.

5 La cubierta superior 8 está provista de una abertura 9 para permitir que la cámara 3 y el flash 4 vean el interior de la carcasa 6 cuando el dispositivo de formación de imágenes 2 está dispuesto en la cubierta superior 8. La cubierta superior 8 está conectada a la pared lateral 7, en este caso cerca de un borde superior de la pared lateral 7. Como puede verse en la figura 1, la cubierta superior 8 está en este caso rebajada.

10 La carcasa 6 comprende además un medio opcional 10 para asegurar temporalmente el dispositivo de formación de imágenes 2 en la cubierta superior 8, aquí una correa 10. La correa 10 pasa de una de las caras de la pared lateral 7 a otra, atravesando la cubierta superior 8. La correa 10 está hecha en este caso de un material elástico.

15 La carcasa 6 también puede comprender un difusor de luz 11 que está dispuesto para difundir la luz emitida por el flash 4 cuando el dispositivo de formación de imágenes 2 se coloca en la cubierta superior 8. El difusor de luz 11 aquí cubre una parte de la abertura 9. El difusor de luz 11 puede ser, por ejemplo, una hoja delgada de papel, plástico o
20 vidrio. Tal difusor puede ser relativamente económico de fabricar.

 La carcasa 6 comprende además una placa inferior 12. La placa inferior 12 en este caso es plana y rectangular, pero puede tener una forma diferente en un ejemplo diferente. Durante el uso del sistema 1, la placa inferior 12, junto con la pared lateral 7 y la cubierta superior 8,
25 definen un espacio que constituye el interior de la carcasa 6.

 Como se muestra en la figura 1, la placa inferior puede ser desmontable, para permitir el acceso al interior de la carcasa. En otra realización, que se muestra en la figura 4, toda la carcasa es plegable y la cubierta superior está conectada de manera articulada a una de las caras
30 de la pared lateral. La cubierta superior 8 puede así abrirse para acceder al interior. En la figura 4, dos de las caras de la pared lateral 7 se pueden plegar hacia adentro, hacia abajo, hacia la placa inferior 12, de modo que

la carcasa alcance un estado esencialmente plano. Por supuesto, la carcasa 6 puede plegarse de una manera diferente que en el ejemplo que se describe en este momento.

5 La carcasa 6 debe ser no transmisora de luz, para garantizar que la luz ambiental no pueda entrar en el interior durante el uso. La carcasa puede estar hecha, por ejemplo, de cartón, de un material plástico o de un metal, o de cualquier otro material adecuado.

10 La placa inferior 12 tiene una superficie 13 que, durante el uso del sistema 1, mira hacia el interior de la carcasa 6 y sobre la que se coloca la hoja 100. La superficie 13 está provista de un patrón que incluye áreas de un color predefinido. En el caso ilustrado, el color predefinido es el blanco. El patrón está adaptado para la calibración con respecto a la luz emitida por el flash 4 y también para medir el tamaño de la hoja 100. En este caso, el patrón es en blanco y negro y comprende una pluralidad de puntos blancos sobre un fondo negro. El patrón es preferiblemente repetitivo (periódico), con un período preferiblemente del orden de 10 mm o menos. Aquí, los puntos blancos están dispuestos en filas rectas. En un ejemplo diferente, el patrón puede comprender, por supuesto, algún otro tipo de símbolo además de los círculos, como rectángulos o algún otro polígono, y es posible que los símbolos no tengan que estar dispuestos en filas rectas. Por ejemplo, los símbolos pueden formar un patrón periódico en zigzag.

20 El sistema comprende además un dispositivo de procesamiento 14 que está configurado para estimar las deficiencias de nutrientes en la hoja 100 en función de una imagen de la misma adquirida mediante el dispositivo de formación de imágenes 2. El dispositivo de procesamiento 14 en este caso está dispuesto a distancia de la carcasa 6 y el dispositivo de formación de imágenes 2. El dispositivo de procesamiento 14 y el dispositivo de formación de imágenes 2 son capaces de comunicarse de forma inalámbrica entre sí a través de algún tipo de red, como una red Wi-Fi, una red móvil o una combinación de diferentes tipos de redes.

30 Ejemplos de redes móviles para las que puede configurarse el dispositivo

de procesamiento 14 incluyen redes GSM y redes LTE. Se observa que, en un ejemplo diferente, el dispositivo de procesamiento 14 puede estar integrado con el dispositivo de formación de imágenes 2.

5 Alternativamente, el dispositivo de procesamiento puede incorporarse en el dispositivo de formación de imágenes. Puede ser, por ejemplo, el procesador de un teléfono móvil.

Con referencia a las Figuras 2 y 3, ahora se describirá un método para estimar una deficiencia de un nutriente en la hoja 100. En este caso, el método se realiza utilizando el sistema 1 descrito anteriormente, por lo
10 que se seguirá haciendo referencia a la Figura 1.

En el paso S1, la hoja 100 se coloca en la placa inferior 12. Específicamente, la hoja 100 se coloca sobre la superficie 13 con el patrón en blanco y negro.

En el paso S2, la carcasa 6 se coloca sobre la placa inferior 12. De este modo, la hoja 100 queda encerrada en un espacio oscuro.
15

En el paso S3, el dispositivo de formación de imágenes 2 se coloca en la cubierta superior 8. El dispositivo de formación de imágenes 2 se coloca de manera que la cámara 3 esté alineada con la parte de la abertura 9 donde no se encuentra el difusor de luz 11 y de manera que el
20 flash 4 esté alineado con el difusor de luz 11. Por lo tanto, la cámara 3 tiene línea de visión directa dentro de la carcasa 6. Además, el dispositivo de formación de imágenes 2 se coloca aquí debajo de la correa 10, lo que ayuda a mantener el dispositivo de formación de imágenes 2 en su lugar en la carcasa 6.

En el paso S4, el dispositivo de formación de imágenes 2 adquiere una imagen 200 de la hoja 100 colocada dentro de la carcasa 6 en la superficie 13. La imagen 200 se adquiere utilizando la cámara 3 y la
25 fuente de luz (flash) 4.

El patrón de la superficie 13 sirve para permitir la calibración del color de la imagen adquirida. Específicamente, el color (conocido) de las
30 áreas blancas (puntos) puede servir como color de referencia, lo que permite al dispositivo de procesamiento 14 calibrar (corregir) el color de la

hoja en la imagen adquirida.

El patrón de la superficie 13 sirve además para facilitar la determinación del tamaño y la forma de la hoja. Específicamente, el procesamiento de imágenes adecuado puede detectar qué puntos están oscurecidos por la hoja y, por lo tanto, determinar la forma y el tamaño de la hoja. Esto puede eliminar la necesidad de un procesamiento de imágenes más complejo y costoso.

La imagen adquirida 200 de la hoja 100 se muestra en la Figura 2. La hoja representada en imagen se indica con el número de referencia 100' en la Figura 2.

Como se muestra en la Figura 2, la hoja 100 tiene una línea central 101 que se extiende desde un primer extremo 102 de la hoja 100 hasta un segundo extremo 103 de la hoja 100. Cuando la hoja 100 todavía estaba unida a la planta, el primer extremo 102 estaba próximo a la planta y el segundo extremo 103 estaba distal a la planta. El primer extremo 102 puede denominarse como la base de la hoja 100 y el segundo extremo 103 puede denominarse como la punta de la hoja 100. La hoja 100 tiene una superficie principal 104 y un margen 105. La hoja 100 se coloca dentro de la carcasa 6 de manera que la superficie principal 104 mira hacia el dispositivo de formación de imágenes 2, y la otra superficie principal de la hoja 100 mira y está en contacto con la placa inferior 12.

Aquí, la hoja 100 es aproximadamente simétrica alrededor de la línea central 101 y las decoloraciones que pueden aparecer en las hojas debido a deficiencias de nutrientes son comúnmente en aproximación simétricas alrededor de la línea central 101. Al comprender el patrón de decoloración alrededor del eje principal, se podría estimar cualitativa y cuantitativamente (en algunos casos) la deficiencia de nutrientes. Los principios de tal análisis son conocidos per se y no se discutirán con mayor detalle. Sin embargo, a continuación, se describirá un proceso según una realización de la presente invención, para obtener datos de entrada útiles para dicho análisis.

En el paso S5, el dispositivo de formación de imágenes 2 transmite

la imagen 200 al dispositivo de procesamiento 14. La imagen 200 en este caso se envía de forma inalámbrica desde el dispositivo de formación de imágenes 2 al dispositivo de procesamiento 14.

5 En el paso S6, el dispositivo de procesamiento 14 recibe la imagen 200 del dispositivo de formación de imágenes 2. Después de haber recibido la imagen 200, el dispositivo de procesamiento 14 comienza a analizar la imagen 200 de la hoja 100. En este caso, el dispositivo de procesamiento 14 analiza la imagen 200 para ver si la hoja 100 sufre o no deficiencia de nitrógeno. Las hojas de una planta que no recibe suficiente nitrógeno se vuelven amarillas. Cuanto mayor es la deficiencia de nitrógeno, más amarillas se vuelven las hojas. Se observa que, en un ejemplo diferente, el dispositivo de procesamiento 14 puede verificar algún otro tipo de deficiencia de nutrientes o más de un tipo de deficiencia de nutrientes.

15 Las hojas de muchas plantas tienen un color verde intenso cuando están sanas. Las hojas descoloridas pueden indicar que la planta no está recibiendo suficiente de uno o más nutrientes. Por ejemplo, la deficiencia de nitrógeno se manifiesta comúnmente cuando la hoja se pone menos verde y más amarilla. Además, las marcas de color púrpura rojizo en la hoja pueden indicar una escasez de fósforo, las rayas blanquecinas pueden indicar una deficiencia de magnesio y una sequía puede hacer que la hoja se ponga verde grisácea. Se observa que, dado que algún tipo de enfermedades y productos químicos provocan decoloración en las hojas, el sistema 1 también puede usarse para detectar decoloraciones debidas a enfermedades y exposición química.

25 En el paso S7, el dispositivo de procesamiento 14 define al menos dos líneas en la imagen 200. En este caso se definen una primera línea 201, una segunda línea 202 y una tercera línea 203. Las líneas 201, 202, 203 son en este caso rectas y paralelas. Cada una de las líneas 201, 202, 203 se extiende aquí en la dirección latitudinal de la hoja 100 y une dos puntos ubicados en el margen 105. Los dos puntos indicados unidos por la primera línea 201 están indicados por P_1 y P_2 , respectivamente, en la

Figura 2. El punto P_1 está ubicado a un lado de la línea central 101 y el otro punto P_2 está ubicado al otro lado de la línea central 101. Como también queda claro en la Figura 2, las líneas 201, 202, 203 aquí también se extienden más allá del margen 105 y hacia la región de la imagen 200 donde el patrón 13 en blanco y negro es visible.

Además, las líneas 201, 202, 203 están separadas a lo largo de la línea central 101. El uso de rutas 201, 202, 203 que no estén demasiado juntas puede mejorar la estimación de la deficiencia de nutrientes, ya que brindan información de una parte más grande de la hoja. La segunda línea 202 se encuentra aquí aproximadamente a la mitad de la línea central 101 entre el primer extremo 102 y el segundo extremo 103. La primera línea 201 se encuentra aquí aproximadamente a la mitad de la línea central 101 entre el primer extremo 102 y la segunda línea 202. La tercera línea 203 se encuentra aquí aproximadamente a la mitad de la línea central 101 entre el segundo extremo 103 y la segunda línea 202.

Se observa que, en un ejemplo diferente, las líneas 201, 202, 203 pueden definirse de manera diferente. Por ejemplo, las líneas pueden cubrir solo la parte de la imagen donde la hoja 100 está representada y/o dispuesta en otras posiciones a lo largo de la línea central 101 que las que se muestran en la Figura 2. Además, las líneas 201, 202, 203 pueden no ser paralelas.

En el paso S8, el dispositivo de procesamiento 14 determina la longitud de cada línea 201, 202, 203 para determinar la edad de la hoja 100. Las longitudes de las líneas 201, 202, 203 están indicadas por l_1 , l_2 y l_3 , respectivamente, en la Figura 2. La determinación de las longitudes de las líneas 201, 202, 203 permite estimar el ancho de la hoja 100 en diferentes posiciones y, por tanto, su edad.

En el paso S9, el dispositivo de procesamiento 14 mide el color de la hoja 100 a lo largo de cada una de las líneas 201, 202, 203. En concreto, en este caso, medir el color de la hoja 100 comprende determinar la variación del color amarillo a lo largo de las líneas 201, 202, 203. La medición realizada en el paso S9 puede comprender determinar

cómo varía otro color distinto del amarillo, o varios colores, a lo largo de las líneas 201, 202, 203, dependiendo de la deficiencia o deficiencias de nutrientes que busca el usuario del sistema 1. El paso S9 se puede realizar utilizando un software de análisis de imágenes convencional.

5 En el paso S10, el dispositivo de procesamiento 14 evalúa al menos un componente de hoja a lo largo de cada una de las líneas 201 202, 203. Por ejemplo, el dispositivo de procesamiento 14 puede contar el número de venas que cruzan cada ruta 201, 202, 203 o estimar la cantidad de clorofila a lo largo de las líneas 201, 202, 203. El paso S10
10 se puede realizar utilizando un software de análisis de imágenes convencional.

 En el paso S11, el dispositivo de procesamiento 14 estima una deficiencia de nutrientes de la hoja 100. Con este fin, el dispositivo de procesamiento 14 utiliza la edad determinada en el paso S8, el color
15 medido en el paso S9 y la característica del componente de hoja determinada en el paso S10. En este caso, el dispositivo de procesamiento 14 también usa un modelo de aprendizaje automático y una biblioteca de tendencias de decoloración al estimar la deficiencia de nutrientes. Específicamente, el dispositivo de procesamiento 14 aquí
20 estima si la hoja 100 muestra signos de no haber recibido suficiente nitrógeno.

 En el paso S12, el dispositivo de procesamiento 14 determina una recomendación de fertilización para la planta de la que se extrajo la hoja 100. En este caso, si se determina en el paso S11 que la hoja 100 no ha
25 recibido nitrógeno, la recomendación puede ser dar una cantidad particular de nitrógeno, o simplemente más nitrógeno, a la planta. El dispositivo de procesamiento 14 está configurado en este caso para enviar la recomendación de fertilización al dispositivo de formación de imágenes 2. El dispositivo de formación de imágenes 2 muestra la
30 recomendación recibida en la pantalla 5.

 Se observa que el paso S12 es opcional y puede omitirse en un ejemplo diferente. En tal caso, el dispositivo de procesamiento 14 puede,

por ejemplo, enviar un resultado del paso S11, tal como si la hoja 100 sufre o no una determinada deficiencia de nutrientes y/o el grado en que la hoja sufre dicha deficiencia, al dispositivo de formación de imágenes 2, sin incluir una recomendación de fertilización. El usuario podrá entonces

5 decidir si la planta debe recibir o no algún tipo de fertilización, en base a la información que se le proporcione.

Se observa que los pasos S7 a S10 se pueden realizar simultáneamente o en un orden diferente al descrito anteriormente. Además, se observa que los pasos S1 a S5 pueden denominarse método

10 para adquirir y transmitir una imagen de la hoja 100 y que los pasos S6 a S11 pueden denominarse método para recibir una imagen de una hoja y estimar una deficiencia de un nutriente en la hoja.

Aunque la presente invención se ha ilustrado mediante una descripción de varias realizaciones y aunque estas realizaciones se han

15 descrito con un detalle considerable, no es la intención del solicitante restringir o limitar de ningún modo el alcance de las reivindicaciones adjuntas a tal detalle. Las ventajas y modificaciones adicionales serán fáciles de ver a los expertos en la materia. Por lo tanto, la invención en sus aspectos más amplios no se limita a los detalles específicos, al

20 aparato y método representativos y al ejemplo ilustrativo que se muestra y describe. En consecuencia, se pueden hacer desviaciones de dichos detalles sin apartarse de la esencia o el alcance del concepto inventivo general del solicitante. Por ejemplo, la forma y el diseño de la carcasa pueden ser diferentes de lo que se ha descrito aquí, siempre que

25 proporcione la función requerida. Los detalles en el proceso de análisis, por ejemplo, la selección y el orden de los pasos, también pueden ser modificados cuando se implemente la invención.