

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 883 327**

51 Int. Cl.:

G05D 1/02 (2010.01)

A01B 79/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.10.2017 PCT/EP2017/075894**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.04.2018 WO18073060**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.10.2017 E 17780765 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **10.01.2024 EP 3528608**

54 Título: **Planificación e implementación de medidas agrícolas**

30 Prioridad:

18.10.2016 EP 16194375

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente modificada:
21.10.2024

73 Titular/es:

**BASF AGRO TRADEMARKS GMBH (100.0%)
Carl-Bosch-Strasse 38
67056 Ludwigshafen am Rhein, DE**

72 Inventor/es:

**PETERS, OLE;
HOFFMANN, HOLGER;
ZHAO, GANG y
DAS, SUBHASHREE**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 883 327 T5

DESCRIPCIÓN

Planificación e implementación de medidas agrícolas

La presente invención hace referencia a la planificación e implementación de medidas agrícolas utilizando datos de teledetección y datos de campo locales.

- 5 El concepto clave de agricultura de precisión (del inglés: precision farming) se entiende como una gestión de tierras agrícolas controlada y diferenciada por ubicación. El objetivo consiste en considerar las diferencias del suelo y la productividad dentro de un campo.

Esto se explica utilizando el ejemplo de la aplicación de plaguicidas.

- 10 Los productos fitosanitarios se utilizan en todo el mundo para proteger plantas o productos vegetales de organismos nocivos o para prevenir sus efectos, para eliminar plantas o partes de plantas no deseadas, para inhibir el crecimiento no deseado de plantas o para prevenir dicho crecimiento, y/o de alguna otra manera para influir en el desarrollo vital de plantas (por ejemplo, reguladores del crecimiento).

- 15 En algunos países, los productos fitosanitarios pueden estar sujetos a restricciones de uso; por ejemplo, algunos productos fitosanitarios sólo pueden ser utilizados en determinados momentos, en determinados lugares, para un determinado fin y/o en una determinada cantidad.

Un problema en la protección de cultivos consiste en el riesgo del desarrollo de resistencias en insectos, malezas y hongos a las sustancias particulares.

En consecuencia, los plaguicidas sólo se deben utilizar cuando sea necesario y sólo en las cantidades que sean necesarias en cada caso.

- 20 Sin embargo, resulta difícil determinar la respectiva necesidad de plaguicidas.

La dosis exacta de un producto fitosanitario depende del estado biofísico de la vegetación en el momento exacto en que se utiliza el producto fitosanitario. En principio, la necesidad de un producto fitosanitario se debería determinar inmediatamente antes de la aplicación.

- 25 El estado biofísico de la vegetación tampoco es uniforme dentro de un campo. Pueden presentarse diferentes etapas de crecimiento que requieran una dosis adaptada.

- 30 Lo mismo se aplica al uso de nutrientes para los cultivos cultivados. Los requerimientos de nutrientes de las plantas también pueden diferir localmente. Por un lado, es posible que las condiciones del suelo varíen espacialmente y que algunas zonas presenten menos nutrientes que otras. Por otro lado, puede suceder que las plantas cultivadas estén subdesarrolladas en algunas áreas (por ejemplo, como resultado de los daños climáticos locales) y que no valga la pena invertir en estas áreas por razones económicas, por lo cual el uso de nutrientes aquí no es rentable.

- 35 Al sembrar un cultivo, a fin de lograr el máximo rendimiento, también se deben considerar las diferencias en el campo, por ejemplo, con respecto al suelo o a las condiciones climáticas. Es concebible, por ejemplo, que en algunas áreas del campo sea más favorable una siembra más densa, mientras que en otras áreas del campo las plantas deberían plantarse de manera menos densa. También resulta posible seleccionar el cultivo o la variedad a cultivar en función de las propiedades del suelo presentes en cada caso.

Por tanto, existe la necesidad de poder reconocer falta de homogeneidad en el campo que puede influir en el rendimiento posterior y/o que requiera un tratamiento del campo correspondientemente adaptado para lograr un rendimiento máximo de manera sostenible con un uso mínimo de recursos.

- 40 Las imágenes satelitales pueden proporcionar informaciones sobre el estado biofísico de un campo; con la ayuda de tal registro también se puede reconocer la ausencia de homogeneidades en un campo (véase, por ejemplo, M. S. Moran et al.: Opportunities and Limitations for Image- Based Remote Sensing in Precision Crop Management, Remote Sensing of Environment (1997) 61: 319-346)

- 45 Sin embargo, las imágenes satelitales no suelen estar disponibles a diario; por un lado, algunas áreas no son registradas diariamente por imágenes satelitales; por otro lado, las nubes, por ejemplo, pueden dificultar la generación de datos de teledetección útiles o incluso impedirlos.

Además, muchas imágenes satelitales no alcanzan la resolución espacial necesaria para distinguir las ausencias de homogeneidades locales presentes en el campo.

5 Con la ayuda de sensores locales en el campo, se puede determinar el estado local inmediato del campo. Sin embargo, el alcance de los sensores locales es limitado. En algunos casos, las máquinas para el cultivo agrícola de un campo están equipadas con sensores que determinan el estado del campo mientras las máquinas se desplazan por el campo (véase, por ejemplo, las solicitudes WO2015193822 o DE 102010034603). De esta manera se aumenta el alcance de los sensores. Los datos se generan durante la gestión agrícola y pueden influir directamente en la gestión de tierras agrícolas. Sin embargo, esto presenta la desventaja de que no es posible planificar una medida agrícola para todo el campo basándose únicamente en los datos generados espontáneamente, ya que los sensores sólo registran una parte del campo.

10 La solicitud DE 10 2011 120858 A1 muestra un procedimiento para la planificación de una medida agrícola con la ayuda de imágenes tomadas digitalmente.

Por lo tanto, el objeto consiste en optimizar aún más el cultivo de campos agrícolas en áreas específicas.

15 Dicho objeto se resuelve mediante los objetos de las reivindicaciones independientes 1 y 13. Las formas de ejecución preferidas se encuentran en las reivindicaciones relacionadas y en la siguiente descripción.

La presente invención se explica con más detalle a continuación sin hacer distinciones entre los objetos de la invención (procedimiento, sistema). Por el contrario, las siguientes explicaciones son aplicarse de forma análoga a todos los objetos de la invención, independientemente del contexto (procedimiento, sistema) en el que se produzcan.

20 Cuando, en la descripción del procedimiento conforme a la invención, los pasos se enumeran en una secuencia, esto no significa necesariamente que los pasos también deban ser realizados en la secuencia indicada. Más bien, la invención debe entenderse de tal manera que los pasos enumerados en una secuencia se pueden realizar en cualquier orden o también paralelamente entre sí, a menos que un paso se base en otro paso, lo cual debe quedar claro a partir de la descripción de los pasos en cada caso. Por tanto, la secuencia indicada específicamente en este documento sólo representa una forma de ejecución preferida de la invención.

25 En un primer paso del procedimiento conforme a la invención se recibe al menos una imagen digital de un campo para plantas de cultivo, en donde la, al menos una, imagen digital haya sido generada con la ayuda de uno o más sensores de teledetección.

Por "planta de cultivo" se entiende una planta que, mediante la intervención humana, se cultiva como planta útil u ornamental.

30 El término "campo" hace referencia a un área espacialmente delimitable de la superficie terrestre que se utiliza para la agricultura, plantando en dicho campo plantas de cultivo, a las cuales se les suministra nutrientes y se cosecha. En un campo se puede cultivar una única variedad de cultivo, aunque también es posible cultivar diferentes variedades de un cultivo y/o diferentes plantas de cultivo. También es concebible que un campo comprenda un área o varias áreas en las cuales no se cultivan y/o no se cultivan plantas de cultivo.

35 Se entiende que el término "imagen" significa una imagen bidimensional del campo o de una superficie de un campo.

El término "digital" significa que la imagen puede ser procesada por una máquina, generalmente, por un sistema informático. Por "procesamiento" se entienden los procedimientos conocidos para el procesamiento electrónico de datos (EDP).

40 La, al menos una imagen digital fue generada con la ayuda de uno o más sensores de teledetección. Por lo tanto, las imágenes digitales consisten en datos de teledetección.

Los "datos de teledetección" son informaciones digitales que se ha obtenido de forma remota, por ejemplo, mediante satélites, desde la superficie terrestre. También es concebible el uso de aeronaves (no tripuladas (drones) o tripuladas) para registrar datos de teledetección.

45 Mediante los sensores de teledetección se generan imágenes digitales de áreas de la superficie terrestre, a partir de las cuales se pueden obtener informaciones sobre la vegetación y/o las condiciones ambientales predominantes (véase, por ejemplo, M. S. Moran et al.: Opportunities and Limitations for Image-Based Remote Sensing in Precision Crop Management, Remote Sensing of Environment (1997) 61: 319-346)

Los datos de dichos sensores se obtienen a través de las interfaces proporcionadas por el proveedor y pueden comprender registros de datos ópticos y electromagnéticos (por ejemplo, SAR de radar de apertura sintética) en diferentes niveles de procesamiento.

5 Las imágenes digitales se pueden leer en un sistema informático y mostrarse en una pantalla que está conectada al sistema informático. Un usuario del sistema informático reconoce en la imagen de la pantalla el campo captado o partes del campo captado. La "imagen digital" consiste por lo tanto en una representación digital del campo.

10 La, al menos una, imagen digital se recibe generalmente con la ayuda de un sistema informático que está conectado a una red informática. En este caso, una imagen digital llega desde un sistema informático remoto a un sistema informático que es utilizado por un usuario para la ejecución de la presente invención (el denominado aquí como primer sistema informático).

Las de imágenes digitales contienen informaciones sobre el campo y/o los cultivos que se cultivan allí, las cuales se pueden utilizar para planificar la medida agrícola (véase, por ejemplo, M. S. Moran et al.: Opportunities and Limitations for Image- Based Remote Sensing in Precision Crop Management, Remote Sensing of Environment (1997) 61: 319-346)

15 Las imágenes digitales del campo pueden mostrar, por ejemplo, el estado de la vegetación de las plantas de cultivo cultivadas en el campo en el instante en el que se realizó la captación.

20 El estado de la vegetación de las plantas de cultivo se puede determinar a partir de las imágenes digitales, por ejemplo, calculando un índice de vegetación. Un índice de vegetación conocido es, por ejemplo, el índice de vegetación diferenciada normalizada (NDVI, índice de vegetación diferenciada normalizada o índice de vegetación de densidad normalizada). El NDVI se calcula a partir de los valores de reflexión en el rango infrarrojo cercano y en el rango visible del rojo del espectro de luz. El índice se basa en el hecho de que la vegetación sana refleja relativamente poca radiación en la región roja del rango espectral visible (longitud de onda de alrededor de 600 a 700 nm) y relativamente mucha radiación en la región adyacente del infrarrojo cercano (longitud de onda de alrededor de 700 a 1300 nm). Allí, las diferencias en el comportamiento de la reflexión se deben presumiblemente a
25 diferentes estados de desarrollo de la vegetación. Por consiguiente, cuanto mayor sea el crecimiento de una planta, mayor será el índice.

Para cada píxel de una imagen digital de un campo (por ejemplo, una imagen satelital del campo) se puede calcular un NDVI. La cantidad de biomasa existente se puede derivar del NDVI.

30 A partir de los datos de teledetección también se puede determinar el índice de vegetación de diferencia ponderado (WDVI, del inglés: Weighted Difference Vegetation Index) como otro índice de vegetación posible (véase, por ejemplo, la solicitud US2016/0171680A1).

35 A partir de la imagen digital también se puede determinar un índice de área foliar (LAI del inglés: Leaf Area Index) (véase, por ejemplo: A. Viña, A.A. Gitelson, A.L. Nguy-Robertson y Y. Peng (2011): Comparison of different vegetation indices for the remote assessment of green leaf area index of crops. En: Remote Sensing of Environment, Vol. 115, p. 3468-3478, https://msu.edu/~vina/2011_RSE_GLAI.pdf).

Para cada píxel de una imagen digital de un campo (por ejemplo, una imagen satelital del campo) se puede calcular un WDVI y/o un índice de área foliar.

40 Otros parámetros que se pueden determinar a partir de una imagen digital de un campo y que proporcionan informaciones sobre el estado biofísico del campo se describen, por ejemplo, en las siguientes publicaciones: M.D. Steven y J.A. Clark (1990): Applications of Remote Sensing in Agriculture. University Press, Cambridge/ UK, <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780408047678>; A. Bannari, D. Morin, F. Bonn y A.R. Huete (2009): A review of vegetation indices. En: Remote Sensing Reviews, Vol. 13, Issue 1-2, p. 95-120, <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02757259509532298>; A.A. Gitelson (2004): Wide dynamic range vegetation index for remote sensing quantification of biophysical characteristics of vegetation. En: Journal of Plant Physiology, Vol. 161, Issue 2, p.165-173.
45

Además, una imagen digital de un campo puede indicar una plaga en los cultivos cultivados en el campo (véase, por ejemplo, Jingcheng Zhang et al.: Using satellite multispectral imagery for damage mapping of armyworm (Spodoptera frugiperda) in maize at a regional scale, Pest Management Science, volumen 72, Issue 2, febrero 2016, páginas 335-348; Z.-G. Zhou et al.: Detecting Anomaly Regions In Satellite Image Time Series Based On Seasonal Autocorrelation Analysis, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, volumen III-3, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12-19 julio 2016, Praga, República Checa, páginas 303 - 310).
50

Además, una imagen digital de un campo puede mostrar déficits en los nutrientes disponibles (véase, por ejemplo, Neil C. Sims et al.: Towards the Operational Use of Satellite Hyperspectral Image Data for Mapping Nutrient Status and Fertilizer Requirements in Australian Plantation Forests, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing 6(2), Abril 2013, 320-328; P.C. Scharf.: Remote sensing for nitrogen management, Journal of Soil and Water Conservation, 2002, Vol. 57, N° 6, (518-524).

Además, una imagen digital de un campo puede proporcionar informaciones sobre las propiedades del suelo (Said Nawar et al.: Digital Mapping of Soil Properties Using Multivariate Statistical Analysis and ASTER Data in an Arid Region, Remote Sens. 2015, 7, 1181-1205; doi:10.3390/rs70201181; Ertugrul Aksoy et al.: Soil mapping approach in GIS using Landsat satellite imagery and DEM data, African Journal of Agricultural Research Vol. 4 (11), pp. 1295-1302, noviembre, 2009; Hendrik Wulf et al.: Remote Sensing of Soils, 22. enero 2015, Doc. Ref: 00.0338.PZ / L435-0501, http://www.geo.uzh.ch/fileadmin/files/content/abteilungen/rsl1/Remote_sensing_of_soils_BAFU_report_dpi300_v.pdf).

En otro paso del procedimiento conforme a la invención, la captación de imágenes digitales del campo se utiliza para planificar una medida agrícola.

Se entiende por "medida agrícola" cualquier medida en el campo para plantas cultivadas que sea necesaria o conveniente en términos económicos y/o ecológicos para obtener un producto vegetal. Ejemplos de medidas agrícolas son: Cultivo del suelo (por ejemplo, arado), aplicación de semillas (siembra), riego, eliminación de malezas/hierbas, fertilización, combatir organismos nocivos, cosecha.

En múltiples medidas agrícolas, los medios biológicos y/o químicos se aplican con la ayuda de un dispositivo de aplicación. Ejemplos de dichos medios son los productos fitosanitarios y los nutrientes.

Por "producto fitosanitario" se entiende un medio que sirve para proteger plantas o productos vegetales de organismos nocivos o para prevenir sus efectos, para eliminar plantas o partes de plantas no deseadas, para inhibir el crecimiento no deseado de plantas o para prevenir dicho crecimiento, y/o para influir en el desarrollo vital de plantas de alguna manera distinta a los nutrientes (por ejemplo, reguladores del crecimiento).

Ejemplos de productos fitosanitarios son herbicidas, fungicidas y pesticidas (por ejemplo, insecticidas).

Un producto fitosanitario suele contener uno o más ingredientes activos. Los "ingredientes activos" son sustancias que tienen un efecto específico en un organismo y provocan una reacción específica. Un producto fitosanitario contiene por lo general una sustancia transportadora para diluir una o más sustancias activas. Además, también son concebibles aditivos tales como conservantes, buffers, agentes colorantes y similares. Un producto fitosanitario puede ser sólido, líquido o gaseoso.

Los reguladores de crecimiento se utilizan, por ejemplo, para aumentar la estabilidad de los cereales acortando la longitud del tallo (acortando el tallo o mejor acortando los entrenudos), mejorando el enraizamiento de los esquejes, reduciendo la altura de las plantas comprimiéndolas en horticultura o impidiendo la germinación de papas. Los reguladores suelen ser fitohormonas o sus análogos sintéticos.

Se entiende por "nutrientes" aquellos compuestos inorgánicos y orgánicos de los cuales las plantas pueden extraer los elementos de los que se constituyen sus cuerpos. Dichos elementos en sí mismos a menudo se denominan como nutrientes. Dependiendo de la ubicación de la planta, los nutrientes se extraen del aire, el agua y el suelo. En su mayoría se trata de compuestos inorgánicos simples como agua (H₂O) y dióxido de carbono (CO₂), así como de iones como nitrato (NO₃⁻), fosfato (PO₄³⁻) y potasio (K⁺). La disponibilidad de nutrientes es variable. La misma depende del comportamiento químico del nutriente y de las condiciones del lugar. Debido a que los elementos nutritivos se requieren en una cierta proporción, la disponibilidad de un elemento generalmente limita el crecimiento de las plantas. Cuando se agrega dicho elemento, el crecimiento aumenta. Además de los elementos centrales de la materia orgánica (C, O, H, N y P), también son esenciales para la vida K, S, Ca, Mg, Mo, Cu, Zn, Fe, B, Mn, Cl y en plantas superiores, Co, Ni. Por ejemplo, el nitrógeno se puede suministrar como nitrato, amonio o aminoácido. El Na⁺ se puede utilizar en parte como un sustituto funcional del K⁺.

Por "dispositivo de aplicación" se entiende un dispositivo mecánico para aplicar uno o más productos fitosanitarios y/o nutrientes a un campo. Un dispositivo de aplicación de este tipo comprende por lo general al menos un recipiente para contener al menos un producto fitosanitario y/o nutriente, un dispositivo de pulverización con el que se libera el producto fitosanitario y/o el nutriente en el campo y un dispositivo de control con el cual se controla el transporte del, al menos un, producto fitosanitario y/o nutriente desde su recipiente en la dirección del dispositivo de pulverización. Además, el dispositivo de aplicación presenta medios para moverse dentro y/o sobre el campo. El dispositivo de aplicación está equipado preferentemente con un sensor GPS o un sensor comparable, de modo que se pueda determinar la respectiva posición del dispositivo de aplicación cuando se mueve dentro y/o sobre el campo.

La planificación de la medida agrícola se realiza específicamente para una superficie parcial. Esto significa que no se especifica una medida uniforme para el campo, sino que las diferencias locales en el campo se consideran planificando una implementación de la medida específica y basada en las necesidades para cada superficie parcial.

5 Es concebible, por ejemplo, que en el campo se cultiven cultivos que tengan diferentes necesidades de uno o más productos fitosanitarios y/o nutrientes. Una medida específica para una superficie parcial considera estas diferentes necesidades. En tal caso, se prevé tratar el campo con uno o más productos fitosanitarios y/o nutrientes; en donde las cantidades de productos fitosanitarios y/o nutrientes a utilizar se adaptan a las diferentes necesidades de las plantas de cultivo en diferentes zonas del campo.

10 Un paso en la planificación de la aplicación de uno o más productos fitosanitarios en una superficie parcial específica suele ser la determinación de una necesidad.

Es concebible, por ejemplo, que sea necesario suministrar a las plantas uno o más nutrientes.

También es concebible que sea necesario aplicar uno o más productos fitosanitarios.

También es concebible que el momento para sembrar una o más plantas de cultivo sea favorable y que, por tanto, sea necesario sembrar una o más plantas de cultivo.

15 También es concebible que sea necesario un riego del campo.

También es concebible que sea necesario un tratamiento mecánico del suelo.

La necesidad determinada suele tener una causa, de modo que la determinación de una necesidad en el marco de esta invención puede ser sinónimo de la determinación de una causa para una necesidad.

20 La necesidad de tratar un campo y/o plantas de cultivo con uno o más productos fitosanitarios puede surgir, por ejemplo, del hecho de que se ha producido una infestación de plagas o existe el peligro de que se produzca. Es concebible, por ejemplo, que las malas hierbas y/o las malezas del campo deban eliminarse antes de plantar las semillas de un cultivo. También es concebible que se hayan desarrollado malas hierbas y/o malezas en el campo después de la siembra, las cuales deben eliminarse. También es concebible que algunas de las plantas de cultivo cultivadas o que todos los cultivos estén infectados con un patógeno o un hongo. También es concebible que en el campo se haya extendido una plaga animal. También es concebible que una plaga amenace con extenderse.

25 Por "organismo nocivo o dañino" se entiende un organismo que aparece cuando al cultivar plantas de cultivo y que puede dañar la planta cultivada, influir negativamente en la cosecha de la planta cultivada o competir con la planta cultivada por los recursos naturales. Ejemplos de estos organismos nocivos son las malas hierbas, las malezas, las plagas de animales como escarabajos, orugas y gusanos, hongos y patógenos (por ejemplo, bacterias y virus).
30 Aunque los virus no sean considerados como organismos desde un punto de vista biológico, en el presente caso deberían incluirse en el término de organismo nocivo.

35 Por el término "maleza" (plural: malezas) se entienden plantas de la vegetación espontánea en cultivos, pastizales o jardines que no se cultivan específicamente allí y, por ejemplo, llegan a desarrollarse a partir del potencial de semillas del suelo. El término no se limita a las hierbas en el sentido real, sino que también incluye hierbas, helechos, musgos y plantas leñosas.

En el campo de la protección vegetal se utiliza el término "malas hierbas" para distinguirlas de las plantas herbáceas. En el presente texto, el término malezas se utiliza como un término genérico que pretende incluir malas hierbas, a menos que se haga referencia a malezas o pastos específicos.

40 Por consiguiente, para los fines de la presente invención, las malas hierbas y las malezas son plantas que aparecen durante acompañando al cultivo de una planta de cultivo deseada. Debido a que éstas compiten con la planta cultivada por los recursos, son indeseables y, por lo tanto, deben combatirse.

La determinación de una necesidad se realiza preferentemente mediante el uso de sensores en y/o sobre el campo, que registran la presencia de un organismo nocivo en el campo y/o que registran la presencia de condiciones ambientales favorables para la propagación de un organismo nocivo.

45 El uso de trampas colocadas en diferentes puntos del campo también puede hacer posible reconocer una contaminación con organismos nocivos.

5 También es concebible utilizar modelos de pronóstico para determinar una necesidad, por ejemplo, para predecir plagas. Dichos modelos de pronóstico están ampliamente descritos en el estado del arte y también están disponibles comercialmente. El sistema de apoyo a la toma de decisiones proPlant Expert utiliza para el pronóstico datos sobre la planta de cultivo (etapa de desarrollo, condiciones de crecimiento, medidas de protección de las plantas), sobre el
10 clima (temperatura, horas de sol, velocidad del viento, precipitaciones), así como sobre las plagas/ enfermedades conocidas (límites económicos, presión de plagas/ enfermedades) y calcula en base a estos datos un riesgo de infestación (Newe M., Meier H., Johnen A., Volk T.: proPlant expert.com - an online consultation system on crop protection in cereals, rape, potatoes and sugarbeet. EPPO Bulletin 2003, 33, 443-449; Johnen A., Williams I.H., Nilsson C., Klukowski Z., Luik A., Ulber B.: The proPlant Decision Support System: Phenological Models for the Major Pests of Oilseed Rape and Their Key Parasitoids in Europe, Biocontrol- Based Integrated Management of Oilseed Rape Pests (2010) Ed.: Ingrid H. Williams. Tartu 51014, Estonia. ISBN 978-90-481-3982-8. p. 381 - 403; www.proPlantexpert.com).

La infestación de un campo vecino con un organismo nocivo, por ejemplo, informado por un agricultor, también puede indicar una necesidad.

15 De manera análoga, la necesidad de nutrientes de las plantas cultivadas se puede determinar, por ejemplo, mediante sensores locales y/o sensores de teledetección y/o modelos de inspección visual y/o modelos de pronóstico (por ejemplo, modelos de crecimiento de plantas).

20 De manera análoga, la necesidad de aplicar las semillas del cultivo a cultivar se puede determinar, por ejemplo, mediante sensores locales y/o sensores de teledetección y/o modelos de inspección visual y/o modelos de pronóstico (por ejemplo, modelos de crecimiento/ pronóstico meteorológico).

En una forma de ejecución, la necesidad de una medida agrícola deriva de la imagen digital que se ha recibido en un primer paso.

En una forma de ejecución, la necesidad de una medida agrícola se calcula en función de un modelo de pronóstico.

25 En una forma de ejecución, la necesidad de una medida agrícola se registra a través de uno o más sensores en y/o sobre el campo.

También es concebible que un usuario especifique que se debe realizar una medida agrícola. En una forma de ejecución de este tipo, el usuario es el que determina la necesidad de una medida agrícola específica para una superficie parcial.

30 Un paso más en la planificación de la medida agrícola específica para una superficie parcial puede consistir en la selección de los medios que satisfagan las necesidades identificadas.

Por ejemplo, si se ha determinado la necesidad de la aplicación de un nutriente, se podría seleccionar un producto que contenga tal nutriente.

Si, por ejemplo, se ha determinado la necesidad de la aplicación de un herbicida para controlar las malas hierbas y/o las malezas, podría seleccionarse un producto que controle las malas hierbas y/o las malezas.

35 Por ejemplo, si se ha determinado la necesidad de aplicar un insecticida, se podría seleccionar un producto que combata las plagas de insectos causantes del requerimiento.

Si, por ejemplo, se ha determinado la necesidad de la aplicación de un fungicida, se podría seleccionar un producto que combata la infestación fúngica causante.

40 El término "combatir" significa aquí impedir la infestación de un campo o de una parte del mismo con uno o más organismos nocivos y/o impedir la propagación de uno o más organismos nocivos y/o reducir la cantidad de organismos nocivos presentes.

Un paso más en la planificación de la medida agrícola específica de una superficie parcial puede consistir en la determinación de la cantidad requerida de semillas, pesticidas, nutrientes y/o agua para satisfacer la demanda (cantidad requerida).

45 Preferentemente, la cantidad se determina específicamente para una superficie parcial. Esto significa que la cantidad requerida se determina respectivamente para áreas parciales individuales del campo.

La cantidad requerida se determina preferentemente en base a por lo menos una imagen digital.

La cantidad requerida puede depender, por ejemplo, de la cantidad de biomasa presente. Este puede ser el caso, por ejemplo, al combatir malas hierbas y/o malezas: cuanto mayor sea la cantidad de malas hierbas/ malezas presentes, más herbicida se debe usar para combatir las.

5 La cantidad requerida en el suministro de nutrientes a las plantas también puede depender de la cantidad de biomasa disponible: cuanto más avanza una planta en su desarrollo, mayor puede ser la necesidad de suministro de nutrientes.

Sin embargo, la cantidad requerida también puede depender del tamaño del área foliar. Este puede ser el caso, por ejemplo, en el tratamiento profiláctico de la planta cultivada con un producto fitosanitario, cuando existe una amenaza de infestación con un patógeno u hongo que afecta principalmente a las hojas.

10 Sin embargo, la cantidad requerida también puede depender de la cantidad de plantas que estén afectadas por un organismo dañino.

Sin embargo, la cantidad requerida también puede depender del tamaño del área en el campo en la cual existe una amenaza de infestación con un organismo nocivo.

15 Para determinar la cantidad requerida específica para una superficie parcial, la respectiva cantidad requerida se determina preferentemente para cada píxel de la imagen digital.

También es concebible combinar píxeles contiguos de la imagen digital (agrupamiento, en inglés: Clustering) y determinar la demanda específica de una superficie parcial para los grupos a partir de píxeles combinados.

20 Un siguiente paso en la planificación de la medida específica para una superficie parcial puede consistir en la determinación de otros medios para satisfacer la demanda. Otros medios pueden ser, por ejemplo, uno o más dispositivos de aplicación, máquinas de trabajo, personal y similares.

25 Un paso más en la planificación de la medida agrícola específica para una superficie parcial puede ser la determinación y/o la fijación de un período de tiempo adecuado para la implementación de la medida. Por ejemplo, las plantas de cultivo no se cosechan cuando están mojadas, ya que de lo contrario se presenta el riesgo de que se conforme moho, que podría dañar el cultivo. En este sentido, sería ventajoso seleccionar un período de tiempo para la cosecha antes del cual no haya llovido durante unos días y durante el cual no lloverá. Los pronósticos meteorológicos se pueden utilizar para identificar los días adecuados.

Un paso más en la planificación de la medida agrícola específica para la superficie parcial puede consistir en la determinación y/o fijación de una ruta adecuada y/o óptima para la respectiva máquina de trabajo (por ejemplo, una máquina de aplicación) para la implementación de la medida.

30 A partir de la, al menos una, imagen digital se pueden obtener más informaciones que se puede utilizar para planificar la medida agrícola.

35 Por ejemplo, se puede determinar la cantidad requerida para todo el campo (cantidad total requerida) de pesticidas, nutrientes, agua y/o semillas. La cantidad total requerida se obtiene, por ejemplo, sumando las cantidades requeridas específicas de cada superficie parcial de todas las superficies parciales. Es importante conocer la cantidad total requerida porque se debe proporcionar la cantidad adecuada. Además, cuando se conoce la cantidad total requerida, se pueden estimar los costes de ejecución de la medida agrícola, que pueden estar determinados en gran medida por los costes de los medios que se pondrán a disposición.

40 Además, se puede determinar un rango de variación de las cantidades requeridas específicas a partir de la, al menos una, imagen digital. Por lo general, las diferentes superficies parciales muestran diferencias en la respectiva cantidad requerida. El rango de variación indica cuán grandes son estas diferencias. Por lo general, existe una superficie parcial para la cual la cantidad requerida por unidad de superficie es la mayor y una superficie parcial para la cual la cantidad requerida por unidad de superficie es la menor. La diferencia entre la cantidad máxima y mínima requeridas por unidad de superficie es el rango de variación.

45 A continuación, se mencionan ejemplos adicionales de cómo se pueden utilizar las informaciones de la, al menos una, imagen digital del campo para la planificación de una medida agrícola.

Es concebible, por ejemplo, que la imagen digital muestre que un área del campo está infectada con un organismo dañino, mientras que otras áreas no están (todavía) afectadas. En tal caso, es posible que se requiera una acción rápida para evitar una mayor propagación del organismo nocivo. En consecuencia, la planificación puede ser tal que el área infestada deba tratarse con un pesticida lo más rápidamente posible. Las áreas inmediatamente adyacentes

al área afectada preferentemente también se incluyen en el tratamiento, mientras que las áreas distantes no afectadas no necesitan ser tratadas.

5 También es concebible que en el campo existan zonas con plantas de cultivo que estén muy rezagadas en su desarrollo en comparación con otras zonas. En tal caso, las áreas rezagadas pueden no ser incluidas en el tratamiento por razones económicas, es decir, que no sea conveniente tratarlas con un producto fitosanitario y/o nutrientes, ya que los costes no se justifican por el bajo rendimiento esperado.

10 La imagen digital también se puede utilizar, por ejemplo, para fijar la ruta del, al menos un, dispositivo de aplicación a través y/o sobre el campo. Cuando se han identificado áreas en las cuales no hay necesidad de tratamiento con un producto fitosanitario y/o con un nutriente, tampoco es necesario que el dispositivo de aplicación se acerque o sobrevuele dichas áreas.

15 Además, puede resultar necesario llenar el recipiente del, al menos un, dispositivo de aplicación una o varias veces con productos fitosanitarios y/o nutrientes mientras está en uso. En base a las cantidades requeridas específicamente para una superficie parcial resulta posible calcular qué cantidades de producto fitosanitario y/o nutrientes se van a consumir en una ruta o en una ruta parcial, y calcular así la ruta óptima por la cual el dispositivo de aplicación cubra el menor recorrido para acercarse/ sobrevolar todas las posiciones requeridas en el campo y recargar pesticidas y/o nutrientes entretanto.

20 La imagen digital también se puede utilizar para determinar una ruta óptima para el tratamiento con plaguicidas, en la cual el riesgo de contaminación sea mínimo. Es concebible, por ejemplo, que aparezcan nidos con plagas (por ejemplo, hongos o patógenos) en un campo, mientras que otras áreas no estén (todavía) infestadas. Para no llevar inadvertidamente las plagas de los nidos a otras áreas previamente no afectadas cuando el dispositivo de aplicación se mueve por el campo, se puede determinar una ruta óptima en la imagen digital en la cual los nidos se alcancen al final y el dispositivo de aplicación en su recorrido tome la ruta más corta desde los nidos al salir del campo.

Sin embargo, la imagen digital también se puede utilizar para generar un mapa de aplicación, que luego se actualiza y/o específica, por ejemplo, durante el proceso de aplicación mediante datos locales en el campo.

25 Un mapa de aplicación es una representación del campo o de una parte del campo en la cual se debe realizar una aplicación con uno o más pesticidas y/o nutrientes. En el mapa de aplicación está indicado en qué superficies parciales del campo se deben aplicar qué cantidades de uno o más plaguicidas y/o nutrientes seleccionados, por ejemplo, para evitar la propagación de organismos nocivos y/o para combatir organismos nocivos y/o para asegurar un suministro óptimo de nutrientes a los cultivos. Preferentemente se trata de un mapa de aplicación digital que se puede leer en una unidad de control del dispositivo de aplicación. Cuando el dispositivo de aplicación se mueve dentro y/o sobre el campo, la posición del dispositivo de aplicación se puede determinar mediante un sensor GPS o un sensor comparable. Comparando la posición real con la posición correspondiente en el mapa de aplicación digital, se puede determinar la respectiva cantidad requerida en la posición real para uno o más productos fitosanitarios y/o nutrientes.

35 En otro paso del procedimiento conforme a la invención, se implementa la medida agrícola planificada. Durante la implementación de la medida se utilizan uno o más sensores (sensores de campo) que registran uno o más parámetros locales en el campo. Los parámetros locales registrados se incorporan luego a la implementación de la medida agrícola adaptando la implementación a las necesidades locales en el campo.

40 Con el, al menos un, sensor de campo se determina localmente en el campo al menos un parámetro, que se debe considerar para la implementación de la medida agrícola con el fin de garantizar un tratamiento de acuerdo con las necesidades.

45 Por "local" se entiende que el correspondiente sensor detecta un área en las inmediaciones de un dispositivo para realizar la implementación de la medida agrícola (por ejemplo, un dispositivo de aplicación), que presenta preferentemente de 1 cm² a 1000 m², incluso más preferentemente de 10 cm² a 100 m². Preferentemente, se entiende por "inmediaciones" aquella zona que está situada delante del dispositivo en la dirección de movimiento del dispositivo para implementar la medida agrícola y que es detectada por el sensor. En consecuencia, el dispositivo se mueve en las "inmediaciones" para implementar allí una o más medidas agrícolas. El rango de detección depende del tipo de sensor utilizado y se puede encontrar en las indicaciones sobre el producto publicada por el respectivo fabricante.

50 Cuando la medida agrícola comprende, por ejemplo, la aplicación de un producto fitosanitario, y por razones económicas y/o ecológicas y/o por disposiciones legales y/o por un uso más eficiente y/o más efectivo del producto fitosanitario, por ejemplo, la cantidad del agente fitosanitario aplicado debe adaptarse al área foliar o la cantidad de biomasa presente o la cantidad de biomasa presente de una determinada especie y/o variedad, entonces el, al

menos un, parámetro consiste preferentemente en uno que proporciona informaciones sobre el área foliar o la cantidad de biomasa presente o da la cantidad de biomasa existente de la cantidad y/o tipo particulares.

5 Cuando la medida agrícola comprende, por ejemplo, la aplicación de un producto fitosanitario para combatir un organismo nocivo y cuando la aplicación sólo debe tener lugar en los puntos donde se pueda detectar el organismo nocivo, el, al menos un, parámetro debe proporcionar informaciones sobre la presencia del organismo nocivo.

10 Cuando la medida agrícola comprende la aplicación de un nutriente o la cosecha de las plantas de cultivo y cuando, por razones económicas, un nutriente sólo se aplica allí o la cosecha sólo se realiza cuando las plantas cultivadas han superado un umbral de crecimiento, entonces el, al menos un, parámetro debe proporcionar informaciones sobre los lugares del campo en los que se ha alcanzado o incluso superado el umbral de crecimiento y en qué lugares no se ha alcanzado tal umbral.

15 Los sensores de campo para determinar los parámetros locales en el campo están disponibles comercialmente en diversas formas (véase, por ejemplo, <https://www.decagon.com/en/canopy/canopy-Measures/spectralreflectance-sensor-srs/>; <http://plantstress.com/métodos/Greenseeker.PDF>; <http://dx.doi.org/10.1155/2012/582028>; N. Srivastava et al.: Pest Monitor and Control System using Wireless Sensor Network (with Special Reference to Acoustic Device Wireless Sensor); International Conference on Electrical and Electronics Engineering 27 de enero 2013, Goa, ISBN: 978-93-82208-58-7, páginas 40-46; Lucía Quebrajo et al.: An Approach to Precise Nitrogen Management Using Hand-Held Crop Sensor Measurements and Winter Wheat Yield Mapping in a Mediterranean Environment, Sensors 2015, 15, 5504-5517, doi:10.3390/s150305504).

20 El, al menos un, parámetro que es detectado por el, al menos un, sensor de campo puede ser el mismo parámetro que se utiliza para planificar la medida agrícola a partir de la imagen digital.

Sin embargo, también es concebible que se utilice un parámetro diferente para determinar las necesidades locales en el campo mediante el, al menos un, sensor de campo que para planificar la medida agrícola en base al registro de imágenes digitales del campo. A continuación, en el texto, se ofrecen ejemplos de combinaciones de parámetros.

25 Según la invención, el, al menos un, sensor de campo se mueve independientemente del, al menos un, dispositivo de aplicación a través del campo y/o sobre el campo. Por ejemplo, es concebible utilizar un dron que determine las cantidades requeridas locales inmediatas en el campo antes de utilizar el, al menos un, dispositivo de aplicación.

El, al menos un, sensor de campo está conectado en un enlace de comunicaciones con un sistema informático con el cual se puede determinar la demanda local actual en base a las señales suministradas por el sensor de campo (aquí, el así denominado como segundo sistema informático).

30 Este segundo sistema informático se puede configurar de tal manera que controle el, al menos un, dispositivo de aplicación que se mueve dentro y/o sobre el campo, de modo que las cantidades de demanda local inmediata determinadas respectivamente se apliquen de manera correspondiente.

35 Sin embargo, también es concebible que el segundo sistema informático esté configurado de tal manera que genere un mapa de aplicación digital en base a las cantidades requeridas locales determinadas, que se puede leer en una memoria principal del dispositivo de aplicación, de tal modo que el dispositivo de aplicación aplica las respectivas cantidades locales requeridas, cuando se encuentra en la posición apropiada dentro y/o sobre el campo.

40 Sin embargo, también es concebible que se haya generado un primer mapa de aplicación en base a las cantidades de demanda específicas de la superficie parcial determinada a partir de los datos de teledetección, que se actualiza y/o específica con la ayuda del segundo sistema informático en base a las cantidades de demanda locales determinadas.

45 Tal como se describió anteriormente, a partir de los datos de teledetección se puede generar un mapa de aplicación específico para una superficie parcial, que debido a la especificidad de la superficie parcial considera de cierta manera las necesidades locales. Sin embargo, el mapa de aplicación que se ha generado a partir de los datos de teledetección es impreciso y/o no está actualizado debido a la resolución comparativamente baja de los datos de teledetección. De acuerdo con la invención, este déficit se resuelve utilizando uno o más sensores en y/o por encima del campo (sensores de campo), por ejemplo, para determinar la demanda local inmediata de uno o más productos fitosanitarios y/o de nutrientes. Por lo tanto, mientras que la imagen digital, que se ha generado de forma remota a través de uno o más sensores de teledetección se puede identificar, por ejemplo, una cantidad total requerida, una variabilidad de la cantidad requerida y cantidades locales aproximadas requeridas para un campo, a través del, al menos un, sensor de campo se determinan las cantidades realmente requeridas localmente en el momento.

Según una forma de ejecución no indicada en las reivindicaciones, que es de utilidad para comprender la invención, el, al menos un, sensor de campo se mueve junto con el dispositivo de aplicación dentro y/o por encima del campo.

5 Por lo tanto, el sensor sólo registra las inmediaciones del dispositivo de aplicación, de modo que, por ejemplo, la cantidad total requerida sólo se puede determinar con la ayuda de dicho sensor de campo, si es que efectivamente lo hace, cuando el dispositivo de aplicación ha recorrido/ sobrevolado todo el campo y el sensor de campo ha detectado gradualmente la totalidad del campo. A este respecto, de manera ideal el, al menos un, sensor de teledetección y el, al menos un sensor de campo, se complementan: el sensor de teledetección se utiliza para determinar una descripción general de las condiciones en la totalidad del campo, en donde la vista general se utiliza para planificar el uso de un dispositivo de aplicación, mientras que el sensor de campo establece la demanda local inmediata.

10 La, al menos una, imagen digital se ha creado ventajosamente en un momento cercano al momento para el que está prevista la medida agrícola. Cuanto más próximos estén el momento de la captación de la imagen y el momento de la medida agrícola, más precisa será la planificación. Entre el momento de la captación de la imagen y el momento de la medida agrícola no pasa preferentemente, más de un mes, de manera particularmente preferida no más de una semana, y de manera aún más preferida no más de 5 días.

15 Cuando el momento de la captación de la imagen y el momento de la medida agrícola están tan separados que ya no es posible una planificación apropiada, por ejemplo, porque las condiciones en el campo han cambiado tanto mientras tanto que los recursos y las cantidades planificados ya no son suficientes para satisfacer las necesidades, se pueden utilizar modelos predictivos para calcular el estado inmediato. En un caso como este, se recibe una imagen digital anterior y se suministra a un modelo de predicción, que después calcula las condiciones en el campo preferentemente para el momento (o período) de la medida agrícola planificada. Entonces, la planificación no se realiza directamente en base a la imagen digital, sino en base a datos que corresponden a una imagen digital en el momento de la predicción.

20 En particular, la etapa de crecimiento de los cultivos cultivados puede cambiar rápidamente. Cuando la etapa de crecimiento de las plantas cultivadas es decisiva para una medida agrícola basada en las necesidades, por ejemplo, porque se va a aplicar un medio en una cantidad que depende del área foliar o de la cantidad de biomasa presente, por ejemplo, se puede utilizar un modelo de crecimiento de plantas para predecir la etapa de crecimiento durante el tiempo de la medida agrícola planificada en base a la imagen digital del campo anterior.

25 Por el concepto "modelo de crecimiento vegetal" se entiende un modelo matemático que describe el crecimiento de una planta en función de factores intrínsecos (genética) y extrínsecos (ambientales).

30 Existen modelos de crecimiento de plantas para una pluralidad de plantas de cultivo. Por el concepto "proporcionar un modelo de crecimiento vegetal" se debe entender que se utiliza un modelo existente, así como que se adapta o modifica un modelo existente, como también que se establece un nuevo modelo.

35 Una introducción a la creación de modelos de crecimiento vegetal es presentada en los libros i) "Modelado y simulación matemática" de Marco Günther y Kai Velten, publicado por Wiley-VCH Verlag en octubre de 2014 (ISBN: 978-3-527-41217-4), así como ii) "Working with Dynamic Crop Models" de Daniel Wallach, David Makowski, James W. Jones y Francois Brun., publicado en 2014 en Academic Press (Elsevier), USA.

El modelo de crecimiento de plantas generalmente simula el crecimiento de una población de plantas de cultivo durante un período de tiempo definido. También es concebible utilizar un modelo basado en una sola planta que simule los flujos de energía y material en los órganos individuales de la planta. También es posible utilizar modelos mixtos.

40 Además de las características genéticas de la planta, el crecimiento de un cultivo está determinado principalmente por las condiciones climáticas locales (cantidad y distribución espectral de los rayos solares incidentes, perfiles de temperatura, cantidad de precipitaciones, influencia del viento), la condición del suelo y el aporte de nutrientes.

45 Las medidas de cultivo que ya se han llevado a cabo y cualquier infestación por organismos nocivos que se pueda haber presentado también pueden influir en el crecimiento de las plantas y se pueden considerar en el modelo de crecimiento.

50 Los modelos de crecimiento de plantas consisten por lo general en los así denominados como modelos basados en procesos dinámicos (véase "Working with Dynamic Crop Models" de Daniel Wallach, David Makowski, James W. Jones und Francois Brun., publicado en 2014 en Academic Press (Elsevier), USA), aunque también pueden basarse total o parcialmente en reglas o estar respaldados por datos/ empíricamente. Los modelos suelen ser los así denominados como modelos de puntos. Los modelos generalmente se calibran de tal manera que la salida refleje la representación espacial de la entrada. Cuando la entrada se registra en un punto en el espacio o se interpola o se estima para un punto en el espacio, generalmente se asume que la salida del modelo es válida para todo el campo adyacente. Se conoce una aplicación de los así denominados como modelos de puntos calibrados a nivel de campo a otras escalas generalmente más gruesas (véase, por ejemplo, H. Hoffmann et al.: Impact of spatial soil and climate

input data aggregation on regional yield simulations., 2016, PLoS ONE 11(4): e0151782. doi:10.1371/journal.pone.0151782). Una aplicación de estos así denominados como modelos de puntos a varios puntos dentro de un campo permite el modelado específico de la superficie parcial. Aquí, sin embargo, se descuidan las dependencias espaciales, por ejemplo, en el equilibrio hídrico del suelo. Por otro lado, también existen sistemas para modelar explícitamente en términos de tiempo y espacio. Allí se consideran las dependencias espaciales.

Ejemplos de modelos de crecimiento de plantas dinámicos basados en procesos son por ejemplo los modelos Apsim, Lintul, Epic, Hermes, Monica, STICS, entre otros.

En el modelado se utilizan preferentemente los siguientes parámetros (entrada):

a) Clima: totales de precipitación diaria, totales de radiación, temperatura diaria del aire mínima y máxima, así como la temperatura cerca del suelo, la temperatura del suelo, la velocidad del viento, etc.

b) Suelo: tipo de suelo, textura del suelo, clase de suelo, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, carbono orgánico, contenido de nitrógeno mineral, densidad de almacenamiento, parámetros de Van Genuchten, entre otros.

c) Planta de cultivo: tipo, variedad, parámetros específicos de la variedad, como, por ejemplo, el índice de área foliar específico, sumas de temperatura, profundidad máxima de la raíz, etc.

d) Medidas de cultivo: semilla, fecha de siembra, densidad de siembra, profundidad de siembra, fertilizante, cantidad de fertilizante, número de citas de fertilización, fecha de fertilización, labranza, residuos de cultivos, rotación de cultivos, distancia al campo del mismo cultivo en el año anterior, riego, entre otros.

A continuación, la presente invención se describe con más detalle en base a ejemplos y figuras, sin que ello signifique una limitación de la invención a las características o combinaciones de características mencionadas en los ejemplos.

Las figuras 1 y 2 sirven para ilustrar la presente invención.

La figura 1 muestra esquemáticamente una imagen de un campo para plantas cultivadas. El cuadrado grande con el patrón de tablero de ajedrez representa el campo. El patrón de tablero de ajedrez ilustra la resolución espacial de la captación de imagen. La misma está determinada en gran medida por la capacidad de resolución del sensor de teledetección utilizado.

En la esquina superior izquierda del campo, se muestra un dispositivo de aplicación en forma de tractor. El tractor, según una forma de ejecución no indicada en las reivindicaciones, que es de utilidad para comprender la invención, está equipado con un sensor de campo (en la figura no se muestra ningún sensor de campo). El sensor de campo tiene una mejor resolución que el sensor de teledetección utilizado para generar la imagen (reconocible por el patrón de tablero de ajedrez "más pequeño"). Para ello, el alcance del sensor de campo se limita al área alrededor del dispositivo de aplicación. Al combinar las informaciones que provienen del sensor de teledetección y del sensor de campo, se puede planificar y realizar una medida agrícola en una superficie parcial específica.

Sin embargo, no se debe entender que la figura 1 significa que el sensor de teledetección y el sensor de campo sólo registran el mismo parámetro en diferentes resoluciones. Como ya se mencionó en diferentes puntos del presente texto, el sensor de teledetección y el sensor de campo pueden registrar diferentes parámetros, por ejemplo, la necesidad de un tratamiento del campo con un producto fitosanitario se puede reconocer mediante un sensor de teledetección en base a un primer parámetro, mientras que las cantidades requeridas local e inmediatamente se determinan mediante el sensor de campo utilizando un segundo parámetro. El sensor de teledetección detecta todo el campo, el sensor de campo sólo un área local.

La figura 2 muestra esquemáticamente una imagen de un campo para plantas de cultivo en diferentes momentos $t=0$ y $t<0$ para dos escenarios a) y b).

El escenario a) hace referencia al caso de que una imagen satelital del campo esté disponible para un punto temporal inmediato ($t=0$). Como ya se explicó con referencia a la figura 1, la imagen tomada por satélites presenta una menor resolución espacial (patrón de tablero de ajedrez en blanco y negro en un cuadrado grande) que un área (esquina superior izquierda) que es detectada por un sensor de campo (aquí no mostrado) que, según una forma de ejecución no indicada en las reivindicaciones, que es de utilidad para comprender la invención, está fijado a un tractor. Debido a que las informaciones sobre el estado del campo están disponibles para el momento inmediato ($t=0$), dichas informaciones se pueden vincular de acuerdo con la invención y, por lo tanto, una medida agrícola se puede planificar y ejecutar de manera específica para una superficie parcial.

5 Cabe señalar que el punto en el tiempo $t=0$ no es realmente un punto en el sentido matemático. Más bien, hace referencia a un período que comienza antes del período en el que se realiza la medida agrícola. El "período de tiempo $t=0$ " puede comprender el período de tiempo de la medida agrícola en su totalidad o en parte o finalizar antes. Resulta decisivo que los parámetros que se detectan con el sensor de teledetección no cambien de manera significativa durante este "período de tiempo $t=0$ ". Es concebible que los datos que pone a disposición el sensor de teledetección se generen una semana o varios días antes o un día o varias horas antes o una hora antes del inicio de la medida agrícola.

10 El escenario b) hace referencia al caso de que no se disponga de una imagen satelital para el campo para un punto temporal inmediato ($t=0$). No obstante, para poder planificar e implementar una medida agrícola conforme a la invención se utiliza, por lo tanto, una imagen satelital que fue generada en un momento anterior ($t<0$). Entre el tiempo $t<0$ y $t=0$ ha pasado tanto tiempo que el campo se ha modificado. Los parámetros registrados por el sensor de teledetección en el momento $t<0$ muestran diferencias significativas con los parámetros que se registrarían en el momento $t=0$. Con la ayuda de un modelo de predicción (por ejemplo, un modelo de crecimiento vegetal), a partir del estado del campo en el momento $t<0$ se calcula el estado en el momento $t=0$, de modo que las informaciones necesarias para planificar una medida agrícola estén disponibles en la resolución espacial de la imagen satelital precedente (representada por un patrón de tablero de ajedrez gris).

15 En una forma de ejecución preferida de la presente invención se ha observado infestación con organismos nocivos en el campo de plantas cultivadas. Para evitar que los organismos nocivos se propaguen, todo el campo debe ser tratado con un producto fitosanitario para combatir los organismos nocivos. Las cantidades de plaguicidas a aplicar deben adaptarse a los respectivos tamaños del área foliar de las plantas de cultivo.

20 Con un primer sistema informático se recibe una imagen digital del campo de un correspondiente proveedor. La imagen digital consiste en una imagen satelital a partir de la cual se calcula un índice de área foliar para cada píxel de la imagen satelital.

Se selecciona un producto fitosanitario conocido por combatir eficazmente los organismos nocivos.

25 Los índices de área foliar calculados se utilizan para calcular la cantidad óptima de plaguicidas para cada píxel de la imagen digital. Para ello, se puede utilizar la información del fabricante, que puede proporcionar informaciones sobre la cantidad de pesticida que se debe utilizar por unidad de superficie del área foliar presente. Las cantidades requeridas calculadas para los píxeles individuales representan un mapa de aplicación.

30 Además, se calcula la cantidad total requerida de producto fitosanitario para proporcionar dicha cantidad en el siguiente paso.

35 Se planifica un período de tiempo durante el cual se deberá aplicar el producto fitosanitario. Los datos y pronósticos meteorológicos se utilizan para identificar un período de tiempo que se encuentre próximo en el futuro (para evitar una mayor propagación de organismos nocivos y, por lo tanto, daños a los cultivos), pero en el cual no debería haber precipitaciones y que precede a un período de al menos un día en el cual tampoco se produzcan precipitaciones, para que el producto fitosanitario pueda desarrollar su efecto sin lavarse previamente.

40 Cuando se alcanza el período de tiempo para la medida agrícola planificada, se envía un dispositivo de aplicación móvil con el producto fitosanitario a través del campo. El dispositivo de aplicación, según una forma de ejecución no indicada en las reivindicaciones, que es de utilidad para comprender la invención, está equipado con un sensor de campo que detecta el entorno inmediato frente al dispositivo de aplicación (en la dirección de desplazamiento) para determinar el tamaño de la hoja local. Las cantidades de plaguicidas descargadas en cada caso se adaptan a los tamaños de hojas registrados localmente.

45 En otra forma de ejecución preferida, las plantas de cultivo cultivadas en un campo deben recibir nutrientes. Solo se deben recibir nutrientes aquellas plantas cultivadas que hayan alcanzado o superado un cierto umbral de crecimiento. El suministro de nutrientes no vale la pena para cultivos cuya etapa de crecimiento está por debajo del valor umbral.

Se recibe una imagen digital en forma de imagen satelital, a partir de la cual se calcula un índice de vegetación para cada píxel individual.

Los índices de vegetación se utilizan para determinar para cada píxel si se ha alcanzado, superado o caído por debajo del umbral de crecimiento.

50 Se calcula la cantidad de nutrientes necesarios para suministrar a las plantas que han alcanzado o superado el umbral de crecimiento.

En base a la distribución de las plantas que deben recibir nutrientes, se calcula la ruta más corta para un dispositivo de aplicación con el fin de aplicar nutrientes y, eventualmente, reabastecerse mientras tanto.

5 La cantidad requerida de nutrientes se proporciona cargada en un dispositivo de aplicación que, según una forma de ejecución no indicada en las reivindicaciones, que es de utilidad para comprender la invención, está equipado con un sensor de campo. A medida que el dispositivo de aplicación se mueve por el campo, el sensor de campo detecta localmente un índice de vegetación para determinar localmente qué plantas de cultivo han alcanzado o superado un umbral de crecimiento. Los cultivos identificados reciben nutrientes. Aquellos cultivos que no han superado el umbral de crecimiento no reciben nutrientes.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento que comprende los siguientes pasos:

- recibir al menos una captación de imagen digital de un campo para plantas cultivadas, en donde la, al menos una, imagen digital haya sido generada con la ayuda de uno o más sensores de teledetección;

5 - planificar de una medida agrícola específica para una superficie parcial del campo en base a las imágenes digitales del campo y proporcionar medios para la implementación de la medida específicamente en la superficie parcial, caracterizado porque el procedimiento presenta los siguientes pasos:

10 - implementación de la medida, en donde durante la ejecución de la medida mediante uno o más sensores se registran uno o más parámetros locales inmediatos a lo largo del campo y la ejecución de la medida se adapta continuamente a los parámetros locales inmediatos,

- donde el/los sensor/es detecta/n un área en el entorno del dispositivo para implementar la medida agrícola (dispositivo de aplicación), y se mueve/mueven a través del campo y/o sobre el campo, independientemente del dispositivo de aplicación.

15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde la planificación de la medida agrícola específica para una superficie parcial comprende los siguientes pasos:

- determinar la necesidad de al menos una porción del campo y/o de los cultivos cultivados de una o más medidas agrícolas seleccionadas de la siguiente lista: cultivo del suelo, aplicación de semillas, tratamiento con uno o más plaguicidas, aplicación de nutrientes, riego;

20 - determinar la cantidad total requerida para satisfacer el requisito determinado, en donde la cantidad total se determina en base a por lo menos una imagen digital;

- proporcionar los medios para la implementación de la medida agrícola en base a la cantidad total determinada.

3. Procedimiento según la reivindicación 2, en donde la planificación de la medida agrícola específica para una superficie parcial comprende además el siguiente paso:

25 - determinar las cantidades de demanda específicas de la superficie parcial para satisfacer la demanda identificada.

4. Procedimiento según la reivindicación 2 ó 3, en donde la planificación de la medida agrícola específica para una superficie parcial comprende también el siguiente paso:

30 - establecer la ruta de uno o más dispositivos a través o a lo largo del campo para la implementación de la medida agrícola en base a la cantidad total determinada y/o las cantidades requeridas específicas para la superficie parcial.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la imagen digital consiste en una imagen satelital.

35 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizado porque en el campo se ha identificado una infestación de plagas o porque existe una amenaza de infestación de plagas y, por tanto, existe la necesidad de un tratamiento con un producto fitosanitario.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizado porque se ha identificado un déficit de nutrientes en el campo o se ha previsto un déficit de nutrientes y, por tanto, existe la necesidad de un tratamiento con uno o más nutrientes.

40 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizado porque existe la necesidad de esparcir semillas en el campo.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 8, caracterizado porque la cantidad requerida específica para la superficie parcial depende de la cantidad de biomasa presente en el campo, la cual deriva preferentemente de un índice de vegetación de la, al menos una, imagen digital.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 8, caracterizado porque la cantidad requerida específica para la superficie parcial depende del tamaño de las superficies foliares presentes, que se deriva preferentemente de un índice de área foliar de la, al menos una, imagen digital.
- 5 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 10, caracterizado porque en base a las cantidades requeridas específicamente para la superficie parcial, se prepara un mapa de aplicación digital, que se actualiza y/o específica utilizando los parámetros locales en la aplicación de la medida agrícola.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque la, al menos una, imagen digital del campo se utiliza para predecir el estado del campo durante el período de la medida agrícola planificada; en donde el estado previsto se utiliza para planificar la medida agrícola.
- 10 13. Sistema que comprende:
- un primer sistema informático que está configurado
- para recibir al menos una imagen digital de un campo para plantas cultivadas, en donde la, al menos una, imagen digital se ha generado con la ayuda de uno o más sensores de teledetección, y
- 15 que ayuda a un usuario a planificar una medida agrícola específica para una superficie parcial del campo en base a la imagen digital del campo; en donde el sistema informático está configurado para determinar los medios que se deben proporcionar para la ejecución de la medida a la superficie parcial específica,
- el sistema comprende además al menos un dispositivo de aplicación para implementar la medida agrícola, que está configurado para que se mueva a través y/o sobre el campo y por lo tanto aplique las cantidades locales inmediatas requeridas,
- 20 caracterizado porque el sistema comprende un segundo sistema informático que está configurado para detectar el estado local inmediato del campo durante la implementación de la medida a través de uno o más sensores y adaptar la implementación de la medida al estado local inmediato,
- y porque el sistema comprende además el o más sensores,
- 25 donde el/los sensor/es están configurados para detectar un área en el entorno del dispositivo de aplicación y para moverse a través y/o sobre el campo, independientemente del dispositivo de aplicación.

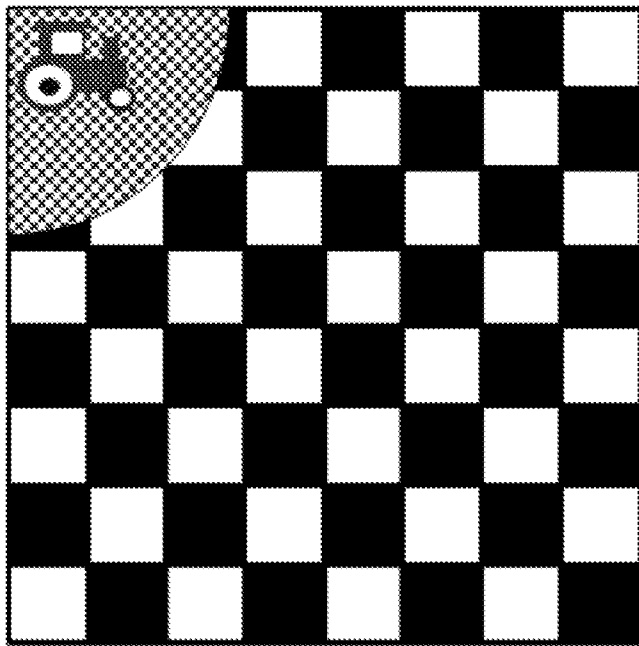
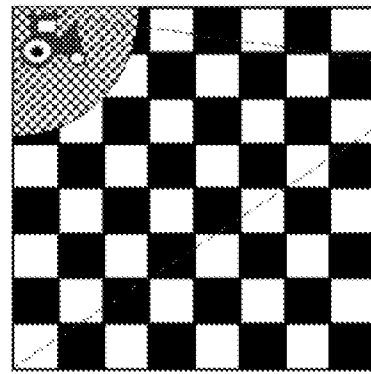


Fig. 1

a) $t < 0$

$t = 0$



b) $t < 0$

$t = 0$

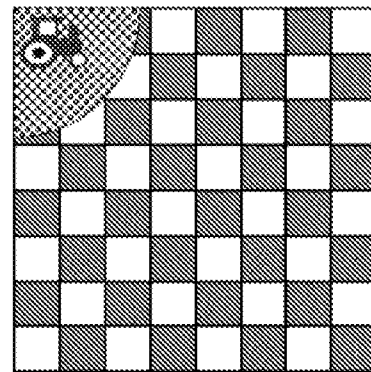
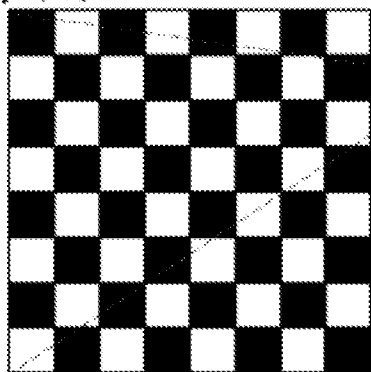


Fig. 2