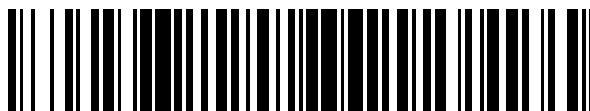


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 996**

51 Int. Cl.:

C05G 3/00 (2006.01)

C05D 9/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.02.2017 E 17155635 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2019 EP 3205637**

54 Título: **Abono acuoso con nanopartículas de metal**

30 Prioridad:

10.02.2016 DE 102016102307

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

11.10.2019

73 Titular/es:

**HEINISCH, MARTIN (50.0%)
Schnaiter Straße 13
73630 Remshalden, DE y
BUDER, ELMAR (50.0%)**

72 Inventor/es:

**HEINISCH, MARTIN y
BUDER, ELMAR**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 726 996 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Abono acuoso con nanopartículas de metal

Sector de la técnica

[0001] La invención se refiere al sector técnico de los abonos.

5 Estado de la técnica

[0002] Las cormofitas (plantas superiores) necesitan, para un crecimiento óptimo, además de agua, dióxido de carbono y luz, también los conocidos como macronutrientes como nitrógeno, azufre, fósforo, potasio, calcio y magnesio en cantidades de cerca del 0,2% al 4,0% de materia seca. Además, los oligoelementos como el zinc, cobre, hierro, molibdeno, boro, manganeso, níquel, selenio o cobalto también son esenciales. Estos hallazgos se incluyen principalmente en los productos de abonos actuales (WO 2013/121244 A1). Los fertilizantes mixtos favorecen el fortalecimiento de la planta y contienen una serie de nutrientes principales, es decir, se trata de mezclas que contienen la cantidad de nutrientes disponibles para la planta. En los fertilizantes completos o fertilizantes NPK se encuentran nitrógeno (N), fosfato (P) y potasio (K). Las cantidades se indicarán en porcentajes. La denominación (9/25/25) significa, por ejemplo, que el fertilizante incluye 9% de nitrógeno (N), 25% de fósforo (P_2O_5) y 25% de potasio (K_2O).

[0003] En el sector agrícola, los compuestos metálicos en productos de abonos y pesticidas en el cultivo de cereales, verduras y frutas juegan un papel importante. De este modo, los compuestos de cobre y hierro como oligoelementos, por ejemplo, contribuyen en gran medida al crecimiento de las plantas en muchos cultivos. Los productos con hierro que se usan principalmente en forma de sulfato o quelatos de hierro consiguen, por ejemplo, una mejora de la clorofila en plantas de interior, un verde intenso y oscuro de las hojas, que a su vez lleva a un mayor rendimiento fotosintético y va acompañado de un agrandamiento de los frutos.

[0004] Además de su efecto fungicida y parcialmente bactericida, el cobre también se utiliza como oligoelemento para fortalecer las cormofitas. La principal tarea del cobre en el metabolismo de la planta es su acción enzimática en diversos procesos de oxidación. En la planta, alrededor del 70% del cobre total se encuentra en las hojas metabólicamente activas, lo que indica que participa en la fotosíntesis. Además, el cobre, como parte de la enzima en el metabolismo de la lignina para la estabilización de las paredes celulares, es responsable y también favorece la formación de fitoalexina, una fitohormona que inhibe el crecimiento de hongos patógenos (www.tll.de/ainfo/pdf/cudu1105.pdf). La influencia positiva del hierro y el cobre en el metabolismo y, por lo tanto, en el crecimiento de las plantas es, por lo tanto, bien conocida.

[0005] Según EP 191 165 A2 el hierro se utiliza en abonos en forma de micropolvo (44-149 μm). Los experimentos con plantas de tomate en un suelo de cultivo mezclado con pequeñas cantidades de una harina de lava con espuma de poliéstero y polvo de hierro muestran un mayor crecimiento, un tallo más fuerte y un verde más intenso en comparación con las plantas de tomate cultivadas en condiciones normales.

[0006] Una serie de patentes describen el uso de distintos nanomateriales como el dióxido de titanio, óxido de zinc y carbono en fertilizantes (WO 2009/153231 A2, US 8 188 005 B2 y US 8 328 898 B2). El uso de estos aditivos en el fertilizante lleva a una mejora del crecimiento de las plantas y un aumento del rendimiento de la cosecha en una serie de plantas analizadas, como tomates, apio, berenjenas, pero también arroz o trigo.

[0007] En WO 2013/121244 A1 se describe la producción de nanopartículas de metal recubiertas de nutriente vegetal y su aplicación a la planta por medio de un kit de nanofertilizante que consiste en sal de metal, nutriente vegetal y agente reductor.

[0008] Los problemas al usar hierro, por ejemplo, en los fertilizantes son causados por el hecho de que, por un lado, una deficiencia de hierro produce malas cosechas pero, por otro lado, el efecto fitotóxico del hierro puede quemar las hojas de la planta. El abono con cobre tiene la desventaja de que el 90% del cobre no es absorbido por la planta. Todos los productos disponibles, que parcialmente muestran un efecto insuficiente o ninguno, dependen del pH del suelo. Por ejemplo, el riego con quelatos de hierro solo es posible hasta un pH10. Además, las pulverizaciones de hojas con quelatos de hierro no son factibles. Además, muchos agricultores prefieren los fertilizantes líquidos, que es otra desventaja de muchos fertilizantes de hierro disponibles en el mercado hasta el momento. Una desventaja adicional surge del esfuerzo tanto alemán como europeo por reducir las cantidades de cobre en el abono de las plantas, por lo que son deseables métodos para la reducción del cobre.

[0009] Ahora mismo en la agricultura orgánica el cobre elemental es la única alternativa en muchas áreas de aplicación, ya que se aplican hasta 12 kg de cobre elemental por hectárea al año, lo que provoca la contaminación del suelo y las

- aguas subterráneas. El objetivo de la agricultura orgánica es optimizar y minimizar la cantidad de abonos con cobre en los próximos diez a quince años, ya que actualmente existe un alto nivel de inmisión en el suelo y las aguas subterráneas (<http://kupfer.jki.bund.de>). En los últimos años, se han realizado intensos esfuerzos para optimizar los preparados de cobre. En este caso se constató que no existe una alternativa suficientemente efectiva para el cobre en muchas aplicaciones. Por ejemplo, la renuncia a los preparados de cobre daría lugar a pérdidas de rendimiento y pérdidas de calidad del 50 al 100% en la viticultura ecológica.
- [0010] A pesar de los fertilizantes conocidos del estado de la técnica, una mejora adicional del crecimiento de las plantas así como una reducción de la cantidad de metales aplicados con el abono siguen siendo objetivos centrales de la investigación y el desarrollo en el campo técnico de los abonos.
- 10 Explicación de la invención
- [0011] Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un abono que produzca un crecimiento mejorado de la planta y que reduzca la cantidad de metales aplicados con el abono. Este objeto se logra según la invención mediante el abono según la reivindicación 1 independiente. Otros aspectos, detalles y configuraciones ventajosos de la invención se deducen de las reivindicaciones dependientes, de la descripción así como de los ejemplos.
- 15 [0012] La presente invención proporciona un abono acuoso con nanopartículas de metal. El abono contiene al menos dos tipos de nanopartículas de metal, donde las nanopartículas de metal tienen un tamaño de partícula de 0,1 nm a 10.000 nm, y donde las nanopartículas de metal están contenidas en el abono acuoso en una proporción del 0,1% en peso al 20% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total. El abono acuoso contiene nanopartículas de cobre en una proporción del 2% en peso al 4% en peso y nanopartículas de plata en una proporción del 0,001% en peso al 0,1% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.
- 20 [0013] Siguiendo una definición general, "nanopartículas" es en realidad una denominación para partículas que tienen un tamaño en un rango inferior a 100 nm. El uso del prefijo "nano" representa, según esta definición oficial (ISO TC 229), una limitación a partículas en el rango submicrométrico (> 100 nm). Con los términos "nanopartículas de metal", "nanopartículas metálicas", "nanometales" y "material nanoparticulado" usados como sinónimos en el presente texto se denominan, a diferencia de esta definición común, partículas que tienen una granulometría de 0,1 a 10.000 nm. Los valores dados para el tamaño de partícula o granulometría son distribuciones de granulometría o tamaño de partícula determinados por medio de la dispersión dinámica de la luz. Con un cierto tamaño de partícula se denominan mezclas de partículas, en las que una porción del 90% de las partículas es más pequeña que el valor numérico dado en cada caso (D90).
- 25 [0014] Si falta el prefijo "nano" en el presente texto, siempre significa el metal elemental o un compuesto de metal (sal o complejo del metal).
- [0015] Los términos "fertilizante", "abono", "preparación de abono", "preparación de fertilizante", "formulación de abono" y "formulación de fertilizante" se usan como sinónimos en el presente texto.
- 35 [0016] Al usar el abono según la invención, se constata una mejora significativa en la capacidad de absorción de los metales en la planta y una eficiencia del fertilizante claramente mejorada asociada con la misma. Por lo tanto, esto satisfará las necesidades de las plantas de forma más rápida y más sostenible. Esto permite usar una menor cantidad de oligoelementos por área, por lo que las cantidades de metales aplicados se reducen significativamente.
- [0017] Otra ventaja de los abonos según la invención es la acción fungicida y bactericida de los nanometales contenidos en los fertilizantes, al tiempo que reducen significativamente el impacto sobre el suelo y el equilibrio hídrico.
- 40 [0018] Otra ventaja surge de la aplicación del fertilizante según la invención con independencia del pH del suelo, por lo que se resuelve el problema asociado a los productos conocidos del estado de la técnica respecto a la aplicación dependiente del pH del suelo.
- [0019] Debido al hecho de que las nanopartículas de metal contenidas en el abono según la invención son estables en solución acuosa, son muy adecuadas para su aplicación en la agricultura. Los abonos descritos en la presente invención pueden aplicarse, por tanto, en dilución con agua potable o no potable mediante distintos tipos de aplicación como la pulverización de las hojas, con carros de riego o diversos sistemas de irrigación como, por ejemplo, riego por aspersión o riego por goteo.
- 45 [0020] Los abonos según la invención tienen como efecto, además, una protección significativa de los recursos de materia prima. La aplicación de hierro elemental es, mediante el uso de nanohierro, diez veces menor que en los fertilizantes de hierro convencionales, lo que reduce la necesidad de reservas de hierro en un factor de 10. Al usar nanocobre, la necesidad de reservas de cobre es menor incluso en un factor de 30 en comparación con los fertilizantes de cobre convencionales. Con ello se reduce en conjunto el uso de estos metales en la agricultura, lo que tiene un
- 50

impacto positivo en el medio ambiente. La inmisión en el agua subterránea y el suelo es 30 veces menor con el uso de nanocobre y 10 veces menor con el uso de nanohierro que con los fertilizantes de hierro o cobre disponibles hasta ahora.

5 [0021] La reducción significativa en las cantidades distribuidas, especialmente de sustancias con cobre, cumple con las aspiraciones actuales de limitar las cantidades de aplicación. Con esto se puede evitar que disminuya la agricultura ecológica al renunciar a los preparados con cobre.

10 [0022] Para la preparación de las formulaciones de fertilizantes acuosos se puede utilizar agua desionizada destilada una o varias veces o agua de ósmosis. Asimismo, según Grander, se puede utilizar agua de ósmosis vitalizada. La producción de agua Grander se efectúa con un aparato de revitalización del agua, que consiste en cámaras que contienen agua de alta categoría y estabilidad, llamada agua de información. Las propiedades positivas del agua Grander se transfieren al agua de ósmosis convencional obtenida por ósmosis inversa, al fluir a través de las cámaras.

15 [0023] La presente invención describe formulaciones acuosas para la nutrición y fortificación de plantas. Los inventores han constatado que, sorprendentemente, el uso exclusivo de una solución acuosa de nanometal cuando se aplica a las plantas ya produce un resultado positivo en el crecimiento. En la presente invención, la concentración de nanometal en la formulación de fertilizante es del 0,1 al 20% en peso, preferiblemente del 0,1 al 5% en peso, más preferiblemente del 0,1 al 3% en peso. Según una forma de realización preferida de la presente invención, las nanopartículas de metal están por lo tanto contenidas en el abono en una proporción del 0,1% en peso al 5% en peso, preferiblemente en una proporción del 0,1% en peso al 3 % en peso, en relación con el peso del abono acuoso total. Ya con las pequeñas proporciones mencionadas de nanopartículas de metal se observa un crecimiento de la planta muy mejorado, dándose al mismo tiempo un bajo consumo de reservas de metal y un bajo impacto medioambiental.

20 [0024] Según otra forma de realización preferida, las nanopartículas de metal tienen un tamaño de partícula de 0,1 nm a 1000 nm, preferiblemente un tamaño de partícula de 0,1 nm a 100 nm. A medida que disminuye el tamaño de la partícula se puede constatar un efecto fertilizante creciente y mejorado por cantidad de metal.

25 [0025] Las ventajas ya mencionadas del abono según la invención, a saber un crecimiento de las plantas muy mejorado y, al mismo tiempo, un bajo consumo de reservas de metal y un bajo impacto medioambiental, son muy acusadas cuando, junto a las partículas de nanocobre y partículas de nanoplatina contenidas en el abono acuoso con nanopartículas de metal, se selecciona uno o varios tipos de nanopartículas de metal del grupo consistente en nanopartículas de hierro, nanopartículas de zinc, nanopartículas de silicio, nanopartículas de manganeso, nanopartículas de molibdeno, nanopartículas de calcio y nanopartículas de magnesio.

30 [0026] Según la invención, el abono contiene una proporción de nanopartículas de cobre. Una ventaja particular está en la acción fungicida y bactericida de las partículas de nanocobre contenidas en los fertilizantes, al tiempo que reduce significativamente el impacto sobre el suelo y el equilibrio hídrico. Incluso con bajas cantidades de aplicación de un fertilizante de nanocobre se tiene como resultado una acción fungicida muy buena manifestada en una serie de distintos hongos como *Esclerotinia*, *Alternaria*, *Peronospora*, *Phytophthora*, *Botrytis*, *Cladospora*, *Rhizoctonia*.
35 También se debe mencionar la acción bactericida del fertilizante de nanocobre contra *Pseudomonas syringae*, *Xanthomonas c.c.*, *Clavibacter m.m.*, *Agrobacterium vitis*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Xylella fastidiosa*.

[0027] En este texto, el término fertilizante de nanometal se refiere a una formulación de abonos que tiene del 2 al 3% en peso de nanometal en una solución acuosa. En el término fertilizante de nanometal NK se agrupan formulaciones de abonos que, además del nanometal, contienen otros componentes como por ejemplo sales de amonio o potasio.

40 [0028] Las formulaciones con una mayor concentración de nanometal muestran efectos particularmente positivos. Estas formulaciones se agrupan bajo el término de concentrado de fertilizante de nanometal. La concentración de nanopartículas de metal en estas formulaciones es del 3 al 20% en peso, preferiblemente del 3 al 5% en peso. Las denominaciones "fertilizante de nanometal", "fertilizante de nanometal NK", "concentrado de fertilizante de nanometal" y "nanofertilizante " se usan como sinónimos. Por ello preferiblemente las nanopartículas de metal están contenidas
45 en el abono en una proporción del 3% en peso al 20% en peso, más preferiblemente en una proporción del 3% en peso al 5% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.

[0029] Según formas de realización particularmente preferidas, junto a las nanopartículas de metal en el abono acuoso se proporciona además una proporción de potasio y una proporción de nitrógeno. En particular preferiblemente el abono acuoso contiene potasio en forma de K₂O en una proporción del 4% en peso al 15% en peso y nitrógeno en una proporción del 6% en peso al 10% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.
50

[0030] Según formas de realización particularmente preferidas, los denominados fertilizantes de nanometal NK contienen del 2% en peso al 3% en peso de nanometal, del 6% en peso al 10% en peso de nitrógeno (indicación de la cantidad como N elemental) y del 4% en peso al 15% en peso de potasio (indicación de la cantidad en forma de

K₂O). En particular se prefiere que contenga además otro nanometal en una proporción del 0,1% en peso al 1% en peso.

[0031] Además, sorprendentemente se ha encontrado que una combinación de distintos nanometales lleva a un efecto particularmente positivo en el crecimiento de las plantas. Sorprendentes son los inesperados efectos sinérgicos sobre el crecimiento de las plantas y la estabilidad química de los metales comunes y nobles juntos. Se constata una asimilación significativamente mejorada de los diferentes nanometales por parte de la planta en comparación con los fertilizantes conocidos.

[0032] De las siguientes combinaciones preferidas de tipos de nanopartículas de metal en los rangos cuantitativos especificados particularmente preferidos se obtienen efectos particularmente evidentes con respecto al crecimiento mejorado de las plantas al mismo tiempo que solo hay que aplicar pequeñas cantidades de metal:

- Abono acuoso con nanopartículas de metal, en el que además se incluyen nanopartículas de hierro.
- Si en el abono se proporcionan nanopartículas de hierro, el abono acuoso, según una forma de realización particularmente preferida, contiene entonces nanopartículas de hierro en una proporción del 0,1% en peso al 4% en peso, más preferiblemente en una proporción del 1% en peso al 3% en peso, y más preferiblemente en una proporción de aproximadamente el 2% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.
- El abono acuoso según una forma de realización particularmente preferida contiene nanopartículas de cobre en una proporción de aproximadamente el 3% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.
- El abono acuoso según una forma de realización particularmente preferida contiene nanopartículas de plata en una proporción de aproximadamente el 0,01% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.
- Un abono acuoso con nanopartículas de metal, donde el abono acuoso contiene nanopartículas de hierro, nanopartículas de cobre y nanopartículas de plata.
- Si en el abono se proporcionan nanopartículas de hierro, nanopartículas de cobre y nanopartículas de plata, entonces el abono acuoso según una forma de realización preferida contiene nanopartículas de hierro en una proporción del 1% en peso al 3% en peso, más preferiblemente en una proporción de aproximadamente el 2% en peso, nanopartículas de cobre en una proporción del 2% en peso al 4% en peso, más preferiblemente en una proporción del 0,0001% en peso al 1% en peso, más preferiblemente en una proporción del 0,001% en peso al 0,1% en peso, absolutamente especialmente preferible en una proporción de aproximadamente el 0,01% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.
- Un abono acuoso con nanopartículas de metal, donde el abono acuoso contiene nanopartículas de cobre y nanopartículas de hierro.
- Si en el abono se proporcionan nanopartículas de cobre y nanopartículas de hierro, entonces el abono acuoso según una forma de realización particularmente preferida contiene nanopartículas de cobre en una proporción del 2% en peso al 4% en peso, preferiblemente en una proporción de aproximadamente el 3% en peso, y nanopartículas de hierro en una proporción del 1% en peso al 3% en peso, preferiblemente en una proporción de aproximadamente el 2% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.
- Un abono acuoso con nanopartículas de metal, donde el abono acuoso contiene nanopartículas de cobre y nanopartículas de plata.
- Si en el abono se proporcionan nanopartículas de cobre y nanopartículas de plata, entonces el abono acuoso según una forma de realización preferida contiene nanopartículas de cobre en una proporción del 2% en peso al 4% en peso, más preferiblemente en una proporción de aproximadamente el 3% en peso, y nanopartículas de plata en una proporción del 0,001% en peso al 0,1% en peso, más preferiblemente en una proporción de aproximadamente el 0,01% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.
- Un abono acuoso con nanopartículas de metal, donde el abono acuoso contiene nanopartículas de hierro y nanopartículas de plata.
- Si en el abono se proporcionan nanopartículas de hierro y nanopartículas de plata, entonces el abono acuoso según una forma de realización preferida contiene nanopartículas de hierro en una proporción del 1% en peso al 3% en peso, más preferiblemente en una proporción de aproximadamente el 2% en peso, y nanopartículas de plata en una proporción del 0,001% en peso al 0,1% en peso, más preferiblemente en una proporción de aproximadamente el 0,01% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.
- Un abono acuoso con nanopartículas de metal, donde el abono acuoso contiene nanopartículas de hierro, nanopartículas de cobre y nanopartículas de plata.
- Si en el abono se proporcionan nanopartículas de hierro, nanopartículas de cobre y nanopartículas de plata, entonces el abono acuoso según una forma de realización preferida contiene nanopartículas de hierro en una proporción del 1% en peso al 3% en peso, más preferiblemente en una proporción de aproximadamente el 2% en peso, nanopartículas de cobre en una proporción del 2% en peso al 4% en peso, más preferiblemente en una proporción de aproximadamente el 3% en peso, y nanopartículas de plata en una proporción del 0,001% en peso al 0,1% en peso, y más preferiblemente en una proporción de aproximadamente el 0,01% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.

[0033] La presente invención también comprende métodos para aplicar los abonos acuosos descritos anteriormente con nanopartículas de metal, donde la aplicación es por pulverización de las hojas, riego por aspersión, riego por goteo o con carros de riego. Por lo general, el abono se diluye con agua en la concentración deseada antes de la aplicación.

5 [0034] La presente invención comprende además el uso de los abonos acuosos descritos anteriormente con nanopartículas de metal para fertilizar plantas de tomates, plantas de clementinas, plantas de frambuesas, plantas de cítricos, plantas de frutas de pepita, plantas de frutas de hueso, plantas de mangos, plantas de guayabas, plantas de fresas, plantas de berenjenas, plantas de patatas, plantas leguminosas, plantas de coles, plantas de lechugas, cereales, liliáceas, césped, rosas, flores cortadas, pepinos, calabacines.

10 [0035] Las ventajas de la invención se explican a partir de los siguientes ejemplos de realización. Se sobrentiende que la invención no se limita a los ejemplos de realización.

Descripción detallada de la invención

[0036] Las dispersiones de nanometal utilizadas en los siguientes ejemplos son de la empresa Ras Materials GmbH, Regensburg. Los nanometales utilizados tienen la siguiente distribución de tamaño: Nanocobre 0,1-10.000 nm, nanohierro 10-10.000 nm y nanoplata 10-20 nm.

15 Ejemplo 1:

Análisis de la miscibilidad de distintas dispersiones de nanometal

[0037] Para ser particularmente adecuados para su aplicación en la agricultura, los nanometales deben estar presentes en solución acuosa. Los nanometales deben formar una dispersión estable tanto por sí solos como en combinación. La compatibilidad y la estabilidad se analizaron en el Ejemplo 1.

20 [0038] Para probar la compatibilidad de distintos nanometales, se preparan varias mezclas de dispersiones de nanometales. La mezcla 1 consiste en 3% en peso de nano cobre y 2% en peso de nanohierro, la mezcla 2 en 3% en peso de nanocobre y 0,01% en peso de nanoplata, y la mezcla 3 en 3% en peso de nanocobre, 2% en peso de nanohierro y 0,01% en peso de nanoplata. Todas las mezclas dan como resultado una solución marrón oscura en la que, después de algún tiempo, surge un sedimento ligero y muy fino que puede agitarse. Los espectros UV/VIS, después de dejarlos reposar durante un mes, no muestran cambios en comparación con los espectros tomados directamente después de la preparación.

25 [0039] Por lo tanto, las mezclas en el rango de concentración mencionado son compatibles.

Ejemplo 2 (no según la invención)

Análisis de la miscibilidad de nanohierro y de formulaciones de abonos

30 [0040] Además de la producción de soluciones estables mediante la combinación de distintos nanometales, la adición de otras sustancias para obtener, por ejemplo, fertilizantes de nanometales NK, no debería plantear ningún problema en la estabilidad de los nanofertilizantes. Es prioritaria la introducción de una dispersión acuosa de nanohierro en distintas formulaciones de abonos para obtener información sobre la compatibilidad de los componentes individuales. Un fertilizante de dos nutrientes, potasio nitrogenado, se produce mezclando nitrato de amonio y nitrato de potasio en agua con distintas proporciones de NK. Se analizan las formulaciones de abonos (6/4) y (3,5/7,5). La indicación (6/4) o (3,5/7,5) significa que el fertilizante contiene 6% en peso de nitrógeno (N) y 4% en peso de potasio (K_2O), o 3,5% en peso de nitrógeno (N) y 7,5% en peso de potasio (K_2O).

40 [0041] A estas soluciones se añade dispersión de nanohierro, de manera que en la formulación está presente un total de 2% en peso de nanohierro. Esto da como resultado en cada caso una solución marrón oscura con un pH de 7,5. En la muestra con NK (3,5/7,5) se observa, después de un corto periodo de tiempo, la formación de cristales en la parte inferior, mientras que la muestra (6/4) permanece estable durante un periodo de tiempo más largo. Después de un cierto tiempo, puede observarse una ligera formación de un sedimento fino que, no obstante, se puede agitar y volver a dispersar fácilmente.

Ejemplo 3 (no según la invención)

45 Uso simultáneo de nanoplata y nanohierro en abonos

5 [0042] En este ejemplo se analiza el uso simultáneo de nanopartículas de hierro y plata en una formulación de abono. Para ello, se añade 2% en peso de nanohierro y 0,01% en peso de nanoplata a un fertilizante NK (6/4), y se comprueba su compatibilidad y estabilidad. De ello se deduce que, después de 3 meses, no se observa ningún cambio en la solución. La determinación del contenido de Ag por medio de una espectroscopia UV/VIS también lo confirma, por lo que se puede deducir que el nanohierro y la nanoplata son compatibles en este rango de concentración.

[0043] En total, se puede constatar que son posibles nanofertilizantes estables, que pueden contener, por un lado, distintos nanometales y, por otro lado, aditivos como sales de amonio y potasio.

[0044] En los siguientes ejemplos se especifica la concentración de nanometales en dilución en ppm, lo que corresponde a una concentración de 1 mg/kg o 1 mg/L.

10 Ejemplo 4 (no según la invención)

Serie de experimentos con fertilizante de nanohierro en plantas de tomates

15 [0045] Un campo experimental con un tamaño de 1,2 hectáreas y una calidad de suelo de 44 puntos de suelo se divide en dos campos experimentales de 0,6 hectáreas cada uno. La denominación "puntos básicos" es un índice de la calidad de un terreno cultivable. El campo de control se trata diariamente con 300 mL de un producto de hierro (Sequestrene) disponible en el mercado con una concentración del 5% en peso de hierro, la otra mitad se riega diariamente con 20 mL de fertilizante de nanohierro con una concentración del 2% en peso de nanohierro. En este caso, los volúmenes respectivos de abonos se añaden en cada 10.000 L de agua de riego, lo que da como resultado una concentración de aplicación de hierro de 1,5 ppm en el fertilizante comercial o 0,04 ppm en el fertilizante de nanohierro. Después de 14 días, ha aparecido una deficiencia de hierro en las plantas de tomates en el campo de control que se hace evidente por la clorosis, una coloración amarillenta de las hojas. Por el contrario, no había clorosis en la superficie tratada con fertilizante de nanohierro, lo que sugiere que la aportación de hierro a la planta se cumple de manera óptima.

Ejemplo 5 (no según la invención)

Serie de experimentos con fertilizante de nanohierro en plantas de clementinas

25 [0046] Un campo experimental con un tamaño de 1,0 hectáreas se divide en dos campos experimentales de 0,5 hectáreas cada uno. El campo de control se trata mediante pulverizaciones de las hojas tres veces al día con 300 mL de un producto comercial de quelato de hierro con una concentración del 5% en peso, la otra mitad dos veces al día con 600 mL de fertilizante de nanohierro con una concentración del 2% en peso de nanohierro. Para ello, los volúmenes correspondientes de fertilizantes se añaden en cada 1.000 L de agua de riego, lo que da como resultado una concentración de aplicación de hierro al día de 45 ppm en el producto comercial o 24 ppm en el fertilizante de nanohierro. En la superficie experimental, que se trató tres veces al día con el producto de hierro clásico, la clorosis ya no aparece después de cuatro semanas. La clorosis ya ha desaparecido después de dos semanas en el campo experimental rociado con el fertilizante de nanohierro dos veces al día. En ambos campos experimentales los frutos están bien desarrollados y se pueden vender. En comparación con el campo de control, los frutos tratados con fertilizante de nanohierro tienen en la recolección un BRIX 1,5 puntos más alto, una medida del contenido de azúcar. En resumen, esto significa que con una aplicación de casi un 50% menos de la cantidad de nanohierro, la clorosis ha desaparecido en la mitad del tiempo en comparación con el fertilizante de hierro habitual.

Ejemplo 6 (no según la invención)

Serie de experimentos con fertilizante de nanohierro en plantas de frambuesas

40 [0047] Un campo experimental del tamaño de 4,0 hectáreas se divide en dos campos experimentales de 2,0 hectáreas cada uno. El campo de control se trata diariamente con 300 mL de un fertilizante comercial de quelato de hierro con una concentración del 5% en peso, la otra mitad se riega diariamente con 20 mL de fertilizante de nanohierro con una concentración del 2% en peso de nanohierro. En este caso, los volúmenes respectivos de abonos se añaden en cada 10.000 L de agua de riego, lo que da como resultado una concentración de aplicación de hierro de 1,5 ppm en el fertilizante comercial o 0,04 ppm en el fertilizante de nanohierro. Después de cuatro meses, los arbustos de frambuesa tratados con nanohierro muestran ramas laterales más fuertes y un follaje más oscuro que el cultivo de control. La cosecha semanal con 720 kg es significativamente mayor frente a 590 kg en el área tratada con el producto de hierro convencional, lo que significa un aumento del 22% de la cosecha con una aplicación de hierro 40 veces menor.

50 [0048] Los ejemplos 4-6 muestran claramente los resultados positivos del uso de un fertilizante de nanometal en comparación con los productos fertilizantes convencionales que contienen metales. Sobre todo, la reducción o prevención de la formación de clorosis tienen una gran influencia en el crecimiento y la calidad de los frutos. Un

aumento significativo de la cosecha al mismo tiempo que una disminución de la cantidad aplicada de metales llevan, por un lado, al ahorro y, por otro lado, a un efecto positivo en el medioambiente al reducir la inmisión de metales en el agua subterránea y en el suelo.

Ejemplo 7 (no según la invención)

5 [0049] Según las especies de plantas y el nanometal utilizado, en el abono varían las concentraciones a emplear de nanofertilizantes así como los tipos de aplicación. En este caso, el agricultor diluye un volumen necesario correspondiente por hectárea con agua potable o no potable, y lo aplica al campo o al invernadero.

10 [0050] En la siguiente tabla se especifican las cantidades a usar de fertilizante de nanocobre con una concentración del 3% en peso (30.000 ppm) de nanocobre y las concentraciones de aplicación para distintos cultivos de plantas, momentos y frecuencia para el tratamiento correspondientes, así como el tipo de aplicación correspondiente:

Tipo de cultivo	Cultivo vegetal	Volumen de fertilizante [mL/ha]	Cantidad de cobre [g/ha]	Concentración de aplicación de nanocobre [ppm]	Tratamiento	Tipo de aplicación
Campo	Cítricos	100	3,3	3,0	2 veces al año	Pulverización de las hojas
	Fruta de pepita					
	Fruta de hueso					
	Mango, guayaba					
	Fresas	100	3,3	3,0	cada 2 semanas	Pulverización de las hojas
	Frambuesas					
	Otras bayas					
	Berenjenas	20	0,7	0,1	1 vez al día	Riego
	Patatas	50	1,7	1,5	2 veces al año	Pulverización de las hojas
	Plantas leguminosas					
	Plantas de coles	50	1,7	1,5	1 vez cada 3 estadios de hoja	
	Lechuga					
	Cereales	50	1,7	1,5	cuando la planta tiene 15 cm	
	Liliáceas					
	Césped	300	9,9	9,0	cada 4 semanas	
Rosas	10	0,3	0,03	1 vez al día	Riego	
Flores cortadas	100	3,3	3,0	2 veces al año	Pulverización de las hojas	
Invernadero	Fresas	20	0,7	0,1	1 vez al día	Riego
	Frambuesas					
	Pepinos					
	Tomates					
	Calabacines					

En la siguiente tabla se especifican las cantidades a usar de fertilizante de nanohierro con una concentración del 2% en peso (20.000 ppm) de nanohierro y las concentraciones de aplicación para distintos cultivos de plantas, momentos y frecuencia para el tratamiento correspondientes, así como el tipo de aplicación correspondiente:

ES 2 726 996 T3

Tipo de cultivo	Cultivo vegetal	Volumen de fertilizante [mL/ha]	Cantidad de hierro [g/ha]	Concentración de aplicación de nanohierro [ppm]	Tratamiento	Tipo de aplicación
Campo	Cítricos	600	13,5	12,0	2 veces al año	Pulverización de las hojas
	Fruta de pepita					
	Fruta de hueso					
	Mango, guayaba					
	Fresas	300	6,8	6,0	cada 2 semanas	Pulverización de las hojas
	Frambuesas					
	Otras bayas					
	Berenjenas	20	0,5	0,04	1 vez al día	Riego
	Patatas	300	6,8	6,0	2 veces al año	Pulverización de las hojas
	Plantas leguminosas	600	13,5	12,0	2 veces al año	
	Plantas de coles	600	13,5	12,0	1 vez cada de 3 estadios de hoja	
	Lechuga					
	Cereales	200	4,5	4,0	al crecer	
	Liliáceas	600	13,5	12,0	cuando la planta tiene 15 cm	
	Césped	1000	22,5	20,0	cada 4 semanas	
	Rosas	20	0,5	0,04	1 vez al día	Riego
Flores cortadas	300	6,8	6,0	2 veces al año	Pulverización de las hojas	
Invernadero	Fresas	20	0,5	0,04	1 vez al día	Riego
	Frambuesas					
	Pepinos					
	Tomates					
	Calabacines					

REIVINDICACIONES

- 5 1. Abono acuoso con nanopartículas de metal que contiene al menos dos tipos de nanopartículas de metal, donde las nanopartículas de metal tienen un tamaño de partícula de 0,1 nm a 10.000 nm, y donde las nanopartículas de metal están contenidas en el abono acuoso en una proporción del 0,1% en peso al 20% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total, caracterizado por que el abono acuoso contiene nanopartículas de cobre en una proporción del 2% en peso al 4% en peso y nanopartículas de plata en una proporción del 0,001% en peso al 0,1% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.
- 10 2. Abono acuoso con nanopartículas de metal según la reivindicación 1 caracterizado por que las nanopartículas de metal están contenidas en una proporción del 0,1% en peso al 5% en peso, preferiblemente en una proporción del 0,1% en peso al 3% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total, o las nanopartículas de metal están contenidas en una proporción del 3% en peso al 20% en peso, preferiblemente en una proporción del 3% en peso al 5% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.
- 15 3. Abono acuoso con nanopartículas de metal según una de las reivindicaciones 1 o 2 caracterizado por que el abono acuoso contiene una proporción de potasio y una proporción de nitrógeno, donde el abono acuoso contiene potasio, preferiblemente en forma de K_2O en una proporción del 4% en peso al 15% en peso, y nitrógeno, preferiblemente en una proporción del 6% en peso al 10% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.
- 20 4. Abono acuoso con nanopartículas de metal según una de las reivindicaciones 1 a 3 caracterizado por que contiene uno o varios otros tipos de nanopartículas de metal, donde los otros tipos de nanopartículas de metal se seleccionan del grupo consistente en nanopartículas de hierro, nanopartículas de zinc, nanopartículas de silicio, nanopartículas de manganeso, nanopartículas de molibdeno, nanopartículas de calcio y nanopartículas de magnesio, donde preferiblemente contiene nanopartículas de hierro.
- 25 5. Abono acuoso con nanopartículas de metal según una de las reivindicaciones 1 a 4 caracterizado por que el abono acuoso contiene nanopartículas de hierro en una proporción del 0,1% en peso al 4% en peso, preferiblemente en una proporción del 1% en peso al 3% en peso, y más preferiblemente en una proporción de aproximadamente el 2% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.
- 30 6. Abono acuoso con nanopartículas de metal según una de las reivindicaciones 1 a 5 caracterizado por que el abono acuoso contiene nanopartículas de cobre en una proporción de aproximadamente el 3% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.
- 35 7. Abono acuoso con nanopartículas de metal según una de las reivindicaciones 1 a 6 caracterizado por que el abono acuoso contiene nanopartículas de plata en una proporción de aproximadamente el 0,01% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.
- 40 8. Abono acuoso con nanopartículas de metal según una de las reivindicaciones 1 a 7 caracterizado por que el abono acuoso contiene nanopartículas de hierro, nanopartículas de cobre y nanopartículas de plata, donde el abono acuoso contiene preferiblemente nanopartículas de hierro en una proporción del 1% en peso al 3% en peso, más preferiblemente en una proporción de aproximadamente el 2% en peso, preferiblemente nanopartículas de cobre en una proporción de aproximadamente el 3% en peso, y preferiblemente nanopartículas de plata en una proporción de aproximadamente el 0,01% en peso, en relación con el peso del abono acuoso total.
9. Método para aplicar un abono acuoso con nanopartículas de metal según una de las reivindicaciones 1 a 8, donde la aplicación se efectúa mediante pulverización de las hojas, riego por aspersion, riego por goteo o con carros de riego.
10. Uso de un abono acuoso con nanopartículas de metal según una de las reivindicaciones 1 a 8 para abonar plantas de tomates, plantas de clementinas, plantas de frambuesas, plantas de cítricos, plantas de frutas de pepita, plantas de frutas de hueso, plantas de mangos, plantas de guayabas, plantas de fresas, plantas de berenjenas, plantas de patatas, plantas leguminosas, plantas de coles, plantas de lechugas, cereales, liliáceas, césped, rosas, flores cortadas, pepinos, calabacines.