(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **3 021 982**

(51) Int. Cl.:

C05B 1/00 (2006.01)
C05B 7/00 (2006.01)
C05B 9/00 (2006.01)
C05D 1/00 (2006.01)
C05D 3/00 (2006.01)
C05G 5/12 (2010.01)
C05G 5/30 (2010.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2022 E 22188754 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.03.2025 EP 4317117**

(54) Título: **Nutriente complejo de N-P-CA-MG revestido de SiO2**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.05.2025

(73) Titular/es:

SABIC AGRI-NUTRIENTS COMPANY (100.00%)
P.O.Box 11044
31961 Jubail, SA

(72) Inventor/es:

MAMEDOV, AGHADDIN y
AL-RABHI, MOHAMED

(74) Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

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

Nutriente complejo de N-P-CA-MG revestido de SiO2

I. Campo de la divulgación

La presente divulgación se refiere, en general, a composiciones de liberación lenta que contienen fosfato amónico cálcico y fosfato amónico magnésico.

II. Antecedentes

Los fertilizantes se han utilizado durante siglos para aportar a los suelos los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. Los fertilizantes convencionales sin revestimiento son conocidos por ser ineficaces debido a la rápida liberación de nutrientes solubles al suelo. Por ello, el control de la tasa de liberación de nutrientes de los fertilizantes se ha convertido en un área de intensa investigación.

Los fertilizantes de liberación controlada (CRF) controlan la liberación de nutrientes solubles en agua en algunos casos proporcionando un revestimiento sobre la superficie del fertilizante. Muchos CRF emplean un polímero sintético para revestir y encapsular el fertilizante. A menudo, el revestimiento de polímero sintético es difícil de degradar, lo que limita la cantidad de nutrientes liberados al suelo. De manera adicional, el propio material polimérico se libera en el suelo, provocando la contaminación del suelo y de las aguas superficiales y subterráneas.

Dado que se espera que la población mundial siga aumentando y que la tierra cultivable siga disminuyendo, los agricultores necesitan utilizar la tierra de que disponen de forma más eficiente. La creciente demanda de producción de cultivos influye directamente en la necesidad de fertilizantes mejorados y más eficaces.

Los documentos US3126254, US3348910 y FR1316076 describen fertilizantes obtenidos a partir de olivino y ácido fosfórico y el documento CN1184093 describe un fertilizante fosfatado revestido de MgCa.

Sumario de la invención

En el presente documento se divulga una solución para al menos algunos de los problemas relacionados con la eficacia de los fertilizantes, incluyendo una composición de fertilizante que presenta un perfil de liberación lenta y sostenida de nutrientes. Ciertos aspectos de la presente divulgación se refieren a la producción y uso de fertilizantes que presentan un perfil de liberación de nutrientes lento y sostenido, en ausencia de revestimiento polimérico. En algunos aspectos, la composición de fertilizante incluye un armazón no contaminante que ayuda a liberar nutrientes al suelo durante un largo periodo de tiempo. Los fertilizantes de liberación lenta divulgados en el presente documento pueden reducir los costes de mano de obra y de aplicación al eliminar la necesidad de múltiples aplicaciones de fertilizantes. Los fertilizantes de liberación lenta divulgados en el presente documento proporcionan una nutrición más uniforme de las plantas, mejor crecimiento y mayor rendimiento de las plantas. De manera adicional, el perfil de liberación lenta y prolongada que proporcionan los fertilizantes divulgados en el presente documento es útil para disminuir la pérdida de fertilizante por lixiviación.

La invención proporciona una composición de fertilizante de liberación lenta que comprende fosfato amónico magnésico y fosfato amónico cálcico encapsulados en dióxido de silicio. En algunos aspectos, el dióxido de silicio es un gel de dióxido de silicio deshidratado. En algunos aspectos, el dióxido de silicio actúa como un aglutinante que imparte integridad estructural al fertilizante, y como un andamiaje dentro del cual se proporcionan los nutrientes del fertilizante. El dióxido de silicio está presente en muchos suelos y proporciona un andamiaje inocuo y no contaminante para la composición de fertilizante. En algunos aspectos, la composición de fertilizante de liberación lenta se prepara en forma de polvo, perla, gránulo o bolita. En algunos aspectos, la composición de fertilizante comprende además fosfato amónico de hierro. En aspectos adicionales, el fertilizante comprende fosfato amónico magnésico y fosfato amónico cálcico en una superficie del fertilizante o en una superficie de dióxido de silicio. En algunos aspectos, el fertilizante comprende fosfato amónico magnésico y fosfato amónico cálcico encapsulados dentro de un gel de dióxido de silicio deshidratado.

La invención también proporciona un método para preparar una composición de fertilizante de liberación lenta que comprende nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg), comprendiendo el método las etapas de: (a) hacer reaccionar olivino y óxido de calcio con ácido fosfórico para producir una mezcla de reacción que comprenda hidrogenofosfato de calcio, hidrogenofosfato de magnesio y dióxido de silicio, y b) hacer reaccionar una fuente de amoníaco con el hidrogenofosfato de calcio y el hidrogenofosfato de magnesio para producir fosfato amónico magnésico y fosfato amónico cálcico, en donde la composición de fertilizante de liberación lenta comprende el fosfato amónico magnésico y el fosfato amónico cálcico. La composición de fertilizante comprende además dióxido de silicio. En algunos aspectos, las etapas (a) y (b) se realizan en el mismo recipiente. En algunos aspectos, las etapas (a) y (b) se realizan en recipientes diferentes. En algunos aspectos, el método comprende además el secado de la composición de fertilizante. En algunos aspectos, la mezcla de reacción comprende además fosfato amónico de hierro.

En algunos aspectos, la etapa de reacción del olivino y el óxido de calcio con el ácido fosfórico se realiza a una temperatura que varía de 20 °C a 75 °C. La reacción del olivino y el óxido de calcio con el ácido fosfórico puede realizarse a una temperatura de cualquiera de, inferior a, superior a, entre, o cualquier intervalo de los mismos de 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75 °C, o cualquier intervalo deducible de los mismos. En algunos aspectos, el dióxido de silicio de la mezcla de reacción es un gel de dióxido de silicio. Por lo tanto, en algunos aspectos, el secado de la composición de fertilizante proporciona una composición de fertilizante de gel de sílice que comprende fosfato amónico magnésico y fosfato amónico cálcico encapsulada dentro de un gel de sílice deshidratado. En algunos aspectos, la composición de fertilizante de liberación lenta comprende además fosfato amónico magnésico y fosfato amónico cálcico en una superficie del fertilizante. En algunos aspectos, el método comprende además la preparación de la composición de fertilizante de liberación lenta en forma de polvo, perla, gránulo o bolita.

En algunos aspectos, el ácido fosfórico se suministra como solución acuosa con una concentración que varía del 50 % al 86 % en peso, tal como del 85 % en peso al 86 % en peso, o del 50 % en peso al 60 % en peso, o del 60 % en peso al 70 % en peso, o del 80 % en peso al 86 % en peso, o cualquier % en peso o intervalo deducible de la misma. En algunos aspectos, el olivino y el óxido de calcio se proporcionan en una relación en peso que varía de 1:5 a 5:1. La relación en peso entre el olivino y el óxido de calcio puede ser cualquiera de, inferior a, superior a, o entre 1:5, 1:4, 1:3, 1:2, 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, o cualquier intervalo deducible de la misma. En algunos aspectos, el ácido fosfórico, el olivino y el óxido de calcio se suministran en una relación peso sólido/peso líquido que varía de 1:5 a 5:1, en donde el peso sólido es el peso combinado del olivino y del óxido de calcio, y el peso líquido es el peso del ácido fosfórico. La relación peso sólido/peso líquido puede ser cualquiera de, inferior a, superior a, o entre 1:5, 1:4, 1:3, 1:2, 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, o cualquier intervalo deducible de la misma. En algunos aspectos, la fuente de amoníaco es una solución de hidróxido de amonio, amonio, carbonato de amonio, gas amoníaco, succinimida, y/o ftalimida. En algunos aspectos, la fuente de amoníaco es hidróxido de amonio o amoníaco. En algunos aspectos, la fuente de óxido de calcio es la roca caliza. En algunos aspectos, la fuente de amoníaco y el ácido fosfórico se proporcionan en una relación en peso que varía de 1:1 a 1:10. La relación en peso entre la fuente de amoníaco y el ácido fosfórico puede ser cualquiera de, inferior a, superior a, o entre 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, 1:10, o cualquier intervalo deducible de la misma. Las composiciones y métodos descritos en el presente documento pueden emplear olivino como fuente de magnesio, silicio y hierro. El olivino es un mineral de silicato de magnesio y hierro de fórmula química $(Mg, Fe)_2SiO_4$. La relación de Mg_2SiO_4 a Fe_2SiO_4 normalmente es superior a 1:1, tal como, por ejemplo, entre 0,9 y 0,1.

En algunos aspectos, el fertilizante comprende al menos un nutriente adicional seleccionado del grupo que consiste en potasio, cloruro, sulfato, superfosfatos, roca fosfórica, potasa, sulfato de potasa (SOP), muriato de potasa (MOP), kieserita, carnalita, magnesita, dolomita, ácido bórico, boro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, selenio, silicio, calcio libre, azufre elemental, aceite de neem, extracto de algas marinas, bioestimulantes, carbonilla, cenizas procedentes de la incineración de residuos o tejidos animales, o cualquier combinación de los mismos. Aspectos adicionales de la divulgación se dirigen a un método para fertilizar suelo agrícola que comprende aplicar al suelo una composición de fertilizante de liberación lenta como se divulga en el presente documento.

La invención también proporciona un método para fertilizar suelos agrícolas que comprende aplicar al suelo la composición de fertilizante de liberación lenta de la invención.

El término "fertilizante" se define como un material aplicado a los suelos o a los tejidos vegetales para suministrar uno o más nutrientes vegetales esenciales o beneficiosos para el crecimiento de las plantas y/o estimulantes o potenciadores para aumentar o mejorar el crecimiento de las plantas.

El término "gránulo" puede incluir un material sólido. Un gránulo puede tener formas muy variadas, cuyos ejemplos no limitativos incluyen una espiral, un disco, un óvalo, una varilla, una forma oblonga o aleatoria.

El término "partícula" puede incluir un material sólido de menos de un milímetro en su dimensión mayor.

Los términos "partícula" o "polvo" pueden incluir una pluralidad de partículas.

Las expresiones "alrededor de" o "aproximadamente" como se utilizan en el presente documento se definen como cercanos a lo que entiende una persona normalmente versada en la materia. En una realización no limitativa, los términos se definen dentro del 10 %, preferentemente dentro del 5 %, más preferentemente dentro del 1 %, y lo más preferentemente dentro del 0,5 %.

Las expresiones "% en peso", "% en volumen", o "% en moles" se refiere a un porcentaje en peso, volumen o molar de un componente, respectivamente, basado en el peso total, el volumen total de material, o moles totales, que incluye el componente. En un ejemplo no limitativo, 10 gramos de componente en 100 gramos de material es el 10 % en peso de componente.

El uso de la palabra "un" o "una" junto con el término "que comprende" puede significar "uno" o "una", pero también es coherente con el significado de "uno/a o más", "al menos uno/a", y "uno/a o más de uno/a".

La expresión "y/o" significa "y" u "o". A modo ilustrativo, A, B y/o C incluyen: A solo, B solo, C solo, una combinación de A y B, una combinación de A y C, una combinación de B y C o una combinación de A, B y C. En otras palabras, "y/o" funciona como un o inclusivo.

Las expresiones "que comprende" (y cualquier forma de comprender, tal como "comprenden" y "comprende"), "que tiene " (y cualquier forma de tener, tal como "tienen" y "tiene"), "incluyendo" (y cualquier forma de incluir, tal como "incluye" e "incluyen") o "conteniendo" (y cualquier forma de contener, tal como "contiene" y "contienen") son inclusivas o abiertas y no excluyen elementos o etapas de métodos adicionales que no se hayan mencionado.

Las composiciones y los métodos para su uso pueden "comprender", "consistir esencialmente en", o "consistir en" cualquiera de los ingredientes o etapas divulgadas a lo largo de la memoria descriptiva. Las composiciones y métodos "que consisten esencialmente en" cualquiera de los ingredientes o etapas divulgados limitan el alcance de la reivindicación a los materiales o etapas especificados que no afectan materialmente a la característica básica y novedosa de la invención reivindicada.

Se contempla que cualquier reivindicación tratada en la presente memoria descriptiva puede implementarse con respecto a cualquier método o composición de la invención, y viceversa. Adicionalmente, las composiciones de la invención se pueden usar para conseguir los métodos de la invención.

Otros objetos, características y ventajas de la presente divulgación serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada. Se debe entender, sin embargo, que la descripción detallada y los ejemplos específicos, a la vez que indican realizaciones específicas de la invención, se proporcionan únicamente a modo de ilustración.

Breve descripción de los dibujos

Los siguientes dibujos forman parte de la presente memoria descriptiva y se incluyen para demostrar adicionalmente determinados aspectos de la presente invención. La invención puede entenderse mejor haciendo referencia a uno o más de estos dibujos en combinación con la descripción detallada de las realizaciones específicas presentadas en el presente documento.

FIG. 1: un esquema de un sistema y un método para producir un fertilizante según un ejemplo no limitativo de un sistema y un método divulgados en el presente documento.
FIG. 2: un esquema de un sistema y método para producir un fertilizante según otro ejemplo no limitativo de un sistema y método divulgados en el presente documento.

Descripción detallada de la invención

Ciertos aspectos de la presente divulgación proporcionan un método para preparar una composición de fertilizante de liberación lenta, como se describe en las reivindicaciones, que comprende nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg). También se proporciona una composición de fertilizante de liberación lenta que comprende fosfato amónico magnésico y fosfato amónico cálcico encapsulados en dióxido de silicio. En algunos aspectos, la composición de fertilizante incluye gel de sílice deshidratado. El gel de sílice deshidratado (dióxido de silicio) puede actuar como aglutinante que imparte integridad estructural al fertilizante. El gel de sílice deshidratado también puede actuar como un andamiaje dentro del cual se proporcionan nutrientes fertilizantes. En algunos aspectos, se pueden proporcionar nutrientes adicionales. En algunos aspectos, los nutrientes adicionales se proporcionan en una superficie exterior de la composición de fertilizante.

La composición de fertilizante utiliza olivino, un mineral abundante y relativamente barato, como fuente de magnesio, hierro y silicio. El empleo de ácido para disolver y/o reaccionar con una combinación de óxido de calcio y olivino da como resultado una mezcla que contiene calcio, magnesio, dióxido de silicio, posiblemente hierro, y posiblemente cualquier nutriente procedente del ácido. En algunas realizaciones, se utiliza ácido fosfórico para poner en contacto el olivino y el óxido de calcio, dando como resultado una primera mezcla que comprende hidrogenofosfato de calcio, hidrogenofosfato de magnesio y dióxido de silicio, donde los componentes de fosfato proceden del ácido fosfórico. Uno o más nutrientes adicionales pueden añadirse a la primera mezcla para proporcionar una segunda mezcla. En algunas realizaciones, se añade una fuente de amoníaco a la primera mezcla para producir una segunda mezcla que comprende fosfato amónico de magnesio y fosfato amónico de calcio, en donde los componentes de amonio proceden de la fuente de amoníaco. El secado de la segunda mezcla elimina el agua y convierte la sílice gelatinosa en un gel de sílice deshidratado. El gel de sílice deshidratado ayuda a mantener la rigidez estructural de la composición de fertilizante y actúa como un armazón dentro del cual se proporcionan los nutrientes fertilizantes. En algunos aspectos, pueden proporcionarse componentes fertilizantes adicionales en el fertilizante y/o en una superficie de la composición de fertilizante.

I. Fertilizante

La composición de fertilizante de liberación lenta de la invención comprende fosfato amónico magnésico y fosfato

amónico cálcico encapsulados en dióxido de silicio. También se proporciona un método para preparar una composición de fertilizante de liberación lenta utilizando olivino, óxido de calcio, ácido fosfórico y una fuente de amoníaco. El fertilizante, que puede ser un gránulo de fertilizante, puede contener una mezcla homogénea que contiene nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg). En algunos aspectos, el fosfato amónico magnésico y el fosfato amónico cálcico están encapsulados en dióxido de silicio o dispersos entre el dióxido de silicio, tal como un gel seco de dióxido de silicio.

La relación de elementos presentes en el fertilizante puede adaptarse a aplicaciones específicas. En algunos aspectos, la relación en peso de óxido de calcio y olivino puede ajustarse de 1:5 a 5:1. Ajustando la relación en peso de óxido de calcio y olivino, puede ajustarse la relación en peso de calcio y magnesio en la composición de fertilizante de liberación lenta. En algunas realizaciones, la relación en peso del olivino al óxido de calcio puede ser cualquiera de, inferior a, superior a, o entre 1:5, 1:4, 1:3, 1:2, 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, o cualquier intervalo deducible de la misma. En algunos aspectos, se puede ajustar la relación entre el peso sólido y el peso líquido de los materiales utilizados para producir el fertilizante. El peso sólido es el peso combinado del olivino y el óxido de calcio, y el peso líquido es el peso del ácido fosfórico. En algunos aspectos, la relación peso sólido/peso líquido puede ser cualquiera de, inferior a, superior a, o entre 1:5, 1:4, 1:3, 1:2, 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, o cualquier intervalo deducible de la misma.

La composición de fertilizante de liberación lenta comprende N, P, Ca, y Mg, en donde i) el contenido en N de la composición de fertilizante de liberación lenta puede ser al menos uno cualquiera de, como máximo uno cualquiera de, igual a uno cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 99,5 y 100 % en peso, ii) el contenido de P de la composición de fertilizante de liberación lenta puede ser al menos uno cualquiera de, como máximo uno cualquiera de, igual a uno cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 99,5 y 100 % en peso, iii) el contenido de Ca de la composición de fertilizante de liberación lenta puede ser al menos uno cualquiera de, como máximo uno cualquiera de, igual a uno cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 99,5 y 100 % en peso, y iv) el contenido de Mg de la composición de fertilizante de liberación lenta puede ser al menos uno cualquiera de, como máximo uno cualquiera de, igual a uno cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 99,5 y 100 % en peso. En algunos aspectos, la relación entre Ca y Mg es entre 2:1 y 1:2. La relación entre Ca y Mg puede ser al menos uno cualquiera de, como máximo uno cualquiera de, igual a uno cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 2:1, 3:2, 1:1, 2:3 y 1:2, tal como de aproximadamente 1:1.

El contenido de humedad de la composición de fertilizante seca puede ser inferior al 1 % en peso, tal como del 0,1 % en peso al 0,9 % en peso, o uno cualquiera de o entre dos cualesquiera del 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 o 1 % en peso, o cualquier intervalo de los mismos, basado en el peso del gránulo de fertilizante. Como ejemplo no limitante, el contenido de humedad puede medirse secando la muestra a 50 °C, durante 25 minutos y midiendo la cantidad de masa perdida por el fertilizante después de ser secado.

La composición de fertilizante de liberación lenta puede tener cualquier forma adecuada. Las formas no limitativas incluyen la esférica, cuboide, cilíndrica, forma de disco, formas ovaladas y oblongas. En algunos aspectos, el gránulo de fertilizante puede tener forma cilíndrica y circular, elíptica, ovular, triangular, cuadrada, rectangular, pentagonal o hexagonal, aunque también pueden fabricarse núcleos cilíndricos que tienen secciones transversales de otras formas. En algunos aspectos, el gránulo de fertilizante en su dimensión más ancha puede ser de 0,5 mm a 6 mm, o de 0,5 mm a 5 mm, preferentemente de 1 mm a 4 mm, o al menos una cualquiera de, como máximo uno cualquiera de, igual a una cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm, 2 mm, 2,5 mm, 3 mm, 3,5 mm, 4 mm, 4,5 mm, 5 mm, 5,5 mm y 6 mm. En algunos aspectos particulares, el gránulo de fertilizante puede tener una forma sustancialmente esférica con un diámetro promedio de 0,5 mm a 6 mm, o de 0,5 mm a 5 mm, preferentemente de 1 mm a 4 mm, o al menos una cualquiera de, como máximo uno cualquiera de, igual a una cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm, 2 mm, 2,5 mm, 3 mm, 3,5 mm, 4 mm, 4,5 mm, 5 mm, 5,5 mm y 6 mm.

La composición de fertilizante de liberación lenta puede ser dispersable en agua y/o en el suelo. En algunos aspectos, un gránulo de fertilizante que tiene un tamaño de 2 mm a 4 mm, antes de añadirlo al agua, puede desintegrarse en partículas de tamaño inferior a 1 mm, inferior a 0,9 mm, inferior a 0,8 mm, inferior a 0,7 mm, inferior a 0,6 mm, inferior a 0,5 mm, inferior a 0,4 mm, o inferior a 0,3 mm, 1 minuto después de añadir el gránulo al agua con un pH de 7, bajo agitación a una velocidad de 90 rpm a 110 rpm, a temperatura ambiente.

La composición de fertilizante de liberación lenta puede tener una composición sustancialmente homogénea. En algunos casos, una composición para un cubo de 1 mm × 1 mm × 1 mm en cualquier posición de la mezcla puede ser similar (dentro de ± 20 %, o ± 10 %, o ± 5 %, o ± 3 %, ± 2 %, o ± 1 %, o ± 0,5 %) a la de un cubo de 1 mm × 1 mm × 1 mm en cualquier otra posición de la mezcla.

En algunos aspectos, en el fertilizante pueden incluirse o excluirse sustancias fertilizantes adicionales. En caso de incluirse, pueden elegirse fertilizantes adicionales en función de las necesidades particulares de determinados tipos de suelo, clima u otras condiciones de cultivo para maximizar la eficacia del fertilizante en la mejora del crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos. También pueden incluirse o excluirse aditivos adicionales en el fertilizante. Ejemplos no limitativos de aditivos que pueden incluirse o excluirse del fertilizante de la presente invención incluyen nutrientes nitrogenados adicionales, nutrientes de fósforo adicionales, nutrientes de potasio adicionales, micronutrientes adicionales, y/o nutrientes secundarios adicionales. El micronutriente puede ser cobre, hierro, cloruro, manganeso, molibdeno o níquel, o cualquier combinación de los mismos. El nutriente nitrogenado puede ser urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio, fosfato diamónico, fosfato monoamónico, urea-formaldehído, cloruro amónico y nitrato potásico. En algunos aspectos, los nutrientes secundarios adicionales pueden incluir cal y/o superfosfato. En algunos casos, las sustancias fertilizantes adicionales y/o los aditivos adicionales están contenidos en el revestimiento opcional del fertilizante.

En algunos casos, los inhibidores incluyen inhibidores de la nitrificación y/o inhibidores de la ureasa. Entre los inhibidores de la nitrificación adecuados se incluyen, pero sin limitación, 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP), diciandiamida (DCD), tiourea (TU), 2-cloro-6-(triclorometil)-piridina (Nitrapirina), 5-etoxi-3-triclorometil-1,2,4-tiadiazol, que se vende bajo el nombre comercial de Terrazole®, por OHP Inc, EE.UU., 2-amino 4-cloro 6-metil pirimidina (AM), 2-mercaptobenzotiazol (MBT) o 2-sulfanilamidotiazol (ST), y cualquier combinación de los mismos. En un aspecto, un inhibidor de la nitrificación puede comprender DMPP, DCD, TU, nitrapirina, 5-etoxi-3-triclorometil-1,2,4-tiadiazol, AM, MBT u ST, o una combinación de los mismos. En algunas realizaciones, una composición de fertilizante puede comprender NBTPT, DMPP, TU, DCD, PPDA, nitrapirina, 5-etoxi-3-triclorometil-1,2,4-tiadiazol, AM, MBT, ST o una combinación de los mismos.

En algunos casos, un aglutinante incluye un fosfato, un polifosfato, un polímero biodegradable, o una cera, o una combinación de los mismos. Ceras adecuadas incluyen, pero sin limitación, ceras vegetales, ceras de alto punto de fusión, cera de etilen bis(estearamida), ceras de parafina, ceras basadas en polietileno y ceras olefínicas. Los fosfatos adecuados incluyen, pero sin limitación, fosfato diamónico y fosfato monoamónico. Polifosfatos adecuados incluyen, pero sin limitación, polifosfato de amonio. Polímeros biodegradables adecuados incluyen, pero sin limitación, poliacrilamida, ácido poliacrílico, poliacrilonitrilo, ácido poliláctico biodegradable y otros materiales poliméricos biodegradables tales como ácido poliláctico, poli(ácido 3-hidroxipropiónico), alcohol polivinílico, poli e-caprolactona, poli L-lactida, succinato de polibutileno y polímeros biodegradables basados en almidón. El aglutinante puede incluir yeso de París, harina, almidón, gluten, caolín, bentonita, sílice coloidal, o combinaciones de los mismos. Harinas adecuadas incluyen, pero sin limitación, harina de arroz, harina de trigo y harina de trigo blanqueada. Almidones adecuados incluyen, pero sin limitación, almidones modificados con dextrina.

En algunos casos, los tampones de pH incluyen MgO, KH_2PO_4, $NaHCO_3$, polvo de tiza, aluminio, hidróxido de magnesio, co-precipitado de hidróxido de aluminio/hidróxido de magnesio, co-precipitado de hidróxido de aluminio/bicarbonato de sodio, acetato de calcio, bicarbonato de calcio, borato de calcio, carbonato de calcio, bicarbonato de calcio, citrato de calcio, gluconato de calcio, hidróxido de calcio, fosfato de sodio dibásico, hidrogenofosfato dipotásico, fosfato dipotásico, hidrogenofosfato disódico, acetato de magnesio, borato de magnesio, bicarbonato de magnesio, carbonato de magnesio, hidróxido de magnesio, lactato de magnesio, óxido de magnesio, fosfato de magnesio, silicato de magnesio, succinato de magnesio, tartrato de magnesio, acetato de potasio, carbonato de potasio, bicarbonato de potasio, borato de potasio, citrato de potasio, metafosfato de potasio, ftalato de potasio, fosfato de potasio, polifosfato de potasio, pirofosfato de potasio, succinato de potasio, tartrato de potasio, acetato de sodio, bicarbonato de sodio, borato de sodio, carbonato de sodio, citrato de sodio, gluconato de sodio, hidrogenofosfato de sodio, hidróxido de sodio, lactato de sodio, ftalato de sodio, fosfato de sodio, polifosfato de sodio, pirofosfato de sodio, tartrato de sodio, tripolifosfato de sodio, hidrotalcita sintética, pirofosfato tetrapotásico, pirofosfato tetrasódico, fosfato tripotásico, fosfato trisódico y trometamol, y combinaciones de los mismos.

La composición de fertilizante de liberación lenta descrita en el presente documento puede incluirse en una composición útil para su aplicación al suelo. En algunos aspectos, además del fertilizante descrito en el presente documento, la composición puede incluir otros compuestos fertilizantes, micronutrientes, nutrientes primarios, urea, nutrientes nitrogenados adicionales, insecticidas, herbicidas o fungicidas, o combinaciones de los mismos. El fertilizante descrito en el presente documento también puede incluirse en una composición mezclada que comprenda otros fertilizantes. El otro fertilizante puede ser urea, fosfato monoamónico (MAP), fosfato diamónico (DAP), muriato de potasa (MOP), fosfato monopotásico (MKP), superfosfato triple (TSP), roca fosfórica, superfosfato simple (SSP), sulfato de amonio y similares.

Un fertilizante formado en gránulo puede tener propiedades físicas deseables, tal como niveles deseados de resistencia a la abrasión, resistencia del gránulo, granulabilidad, higroscopia, forma y distribución del tamaño de los gránulos. En algunos aspectos, el gránulo de fertilizante puede tener una resistencia al aplastamiento superior a 1,5

kgf, tal como por encima de 1,8 kgf, tal como de 2 kgf a 6 kgf, o al menos uno cualquiera de, igual a uno cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5, 5, 5,5 y 6 kgf. La densidad aparente de los gránulos de fertilizante puede ser de 1 g/cc a 1,2 g/cc, o al menos uno cualquiera de, como máximo uno cualquiera de, igual a uno cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 1, 1,02, 1,04, 1,06, 1,08, 1,1, 1,12, 1,14, 1,16, 1,18 y 1,2 g/cc. En algunos aspectos, 10 g o más, tal como de 10 mg a 40 mg, o al menos uno cualquiera de, como máximo uno cualquiera de, igual a uno cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 y 40 mg del gránulo de fertilizante pueden disolverse en 1 ml de agua a un pH 7, con agitación a una velocidad de 90 a 110 rpm y a temperatura ambiente, a los 5 minutos de añadir 100 mg de los gránulos de fertilizante al agua. En algunos aspectos, el gránulo de fertilizante es capaz de perder menos del 0,13 % en peso, tal como del 0,02 % al 0,12 % en peso o, como máximo, uno cualquiera de, igual a uno cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 0,02, 0,03, 0,04, 0,05, 0,06, 0,07, 0,08, 0,09, 0,1, 0,11 y 0,12 % en peso en una prueba de pérdida por desgaste. La pérdida por desgaste puede medirse mediante la siguiente prueba de pérdida por desgaste.

Prueba de pérdida por desgaste: Se pesa una pluralidad de gránulos de fertilizante tamizados con un tamaño individual de 2 a 4 mm, y un volumen total de 100 cm^3 (W1) y se coloca en el tambor de ensayo junto con las 50 bolas de acero inoxidable que tienen un peso total de 100 g. Se cierra el tambor y se hace girar durante 10 minutos a 30 rpm. A continuación, las bolas de acero se separan de la muestra y el material se tamiza sobre un tamiz de 2 mm utilizando una tamizadora. A continuación, se vuelve a pesar el peso total de los gránulos de más de 2 mm (W2). Los resultados se calculan en términos de % de pérdida de peso usando la fórmula:

$$\text{Pérdida de peso debida al desgaste (p.\%)} = \frac{peso\ de\ muestra\ restante\ en\ tamiz\ de\ 2\ mm\ ((W2))}{peso\ inicial\ de\ la\ muestra\ (W1)} \times 100$$

II. Métodos de utilización de la composición de fertilizante de liberación lenta

La composición de fertilizante de liberación lenta, incluidos los gránulos de fertilizante, las composiciones que contienen el fertilizante y las mezclas de fertilizantes que contienen el fertilizante de la presente divulgación pueden utilizarse en métodos para aumentar la cantidad de uno o más nutrientes vegetales en el suelo y para mejorar el crecimiento de las plantas. Dichos métodos pueden incluir la aplicación al suelo de una cantidad efectiva de una composición y/o mezcla que contenga el fertilizante de la presente invención. El método puede incluir el aumento del crecimiento de las plantas y el rendimiento de los cultivos, árboles, plantas decorativas, etc., tal como, por ejemplo, palma, coco, arroz, trigo, maíz, cebada, avena y/o soja. El método puede incluir la aplicación del fertilizante de la presente invención a al menos uno de un suelo, un organismo, un vehículo líquido, un disolvente líquido, etc. La(s) composición(es) y/o mezcla(s) de fertilizante(s) que contiene(n) el fertilizante puede(n) aplicarse a las plantas y/o al suelo como fertilizante de cobertura, fertilizante basal, y/o por cualquier método de aplicación adecuado.

Ejemplos no limitativos de plantas que pueden beneficiarse del fertilizante de la presente invención incluyen vides, árboles, arbustos, plantas pedunculadas, helechos, etc. Las plantas pueden incluir cultivos de huerta, vides, plantas ornamentales, cultivos alimentarios, madera y plantas cosechadas. Las plantas pueden incluir Gimnospermas, Angiospermas y/o Pteridofitas.

La eficacia de las composiciones que comprenden la composición de fertilizante de liberación lenta de la presente invención puede determinarse midiendo la cantidad de fósforo y, opcionalmente, otros nutrientes en el suelo en distintos momentos después de aplicar la composición de fertilizante al suelo. Se entiende que los distintos suelos tienen características diferentes, lo que puede afectar a la estabilidad de los nutrientes en el suelo. La eficacia de una composición de fertilizante de liberación lenta también puede compararse directamente con otras composiciones de fertilizantes mediante una comparación en el mismo suelo y en las mismas condiciones.

III. Métodos de elaboración de la composición de fertilizante de liberación lenta

Haciendo referencia a la FIG. 1, se describe un esquema de un sistema y un método para elaborar un fertilizante según un ejemplo de la presente invención. El sistema 100 puede incluir un granulador 102 y una secadora 104. Una mezcla de alimentación 106 puede granularse en el granulador 102 en presencia o ausencia de agua para formar una mezcla granulada húmeda 108. El agua, si estuviera presente, puede suministrarse con la mezcla de alimentación 106, y/o puede añadirse por separado al granulador 102. La mezcla granulada húmeda 108 puede secarse en la secadora 104 para obtener la mezcla granulada seca 110 que contiene el fertilizante.

Haciendo referencia a la FIG. 2, se describe un esquema de un sistema y método para fabricar un fertilizante según otro ejemplo de la presente invención. El sistema 200 puede incluir una mezcladora/reactor 212, aunque la mezcladora y el reactor pueden ser dos, tres, cuatro o más componentes, tal como dos reactores y una mezcladora o un reactor y una mezcladora. El sistema 200 puede incluir un granulador 202, un esferonizador 214, uno o más tamices de tamaño 216, y una secadora 204, o cualquier combinación de los mismos. Los ingredientes de la mezcla de alimentación 218, por separado y/o en cualquier combinación posible pueden añadirse a la mezcladora/reactor 212. En la mezcladora/reactor 212, los ingredientes de la alimentación pueden reaccionar y/o mezclarse para formar la mezcla de la alimentación 206. La mezcla de alimentación 206 puede granularse en el granulador 202 en presencia o ausencia de agua adicional para formar una mezcla granulada húmeda 220. Los gránulos de la mezcla granulada húmeda 220

pueden esferonizarse en el esferonizador 214 para formar una mezcla granulada húmeda 222 que contiene gránulos sustancialmente esféricos. La mezcla granulada húmeda 222 puede hacerse pasar a través de uno o más tamices de tamaño 216 para separar gránulos que tengan un tamaño menor o mayor que un tamaño deseado de la mezcla granulada húmeda 222 y obtener una mezcla granulada húmeda 224 que contenga gránulos del tamaño deseado. Al menos una parte de los gránulos separados 226 de la mezcla de granulación 224 que contiene gránulos del tamaño deseado puede reciclarse al granulador 202. La mezcla granulada húmeda 224 que contiene gránulos del tamaño deseado puede secarse en la secadora 204 para obtener la mezcla granulada seca 210 que contiene el gránulo de fertilizante. En algunos aspectos, la mezcladora/reactor 212 puede contener una mezcladora de cinta.

Los ingredientes de la mezcla de alimentación 218 incluyen i) óxido de calcio, ii) olivino, iii) una fuente de amoníaco, p. ej., NH_4^+ y/o NH_3, y iv) ácido fosfórico. En algunos casos, un ingrediente de la mezcla proporciona más de uno de Ca, Mg, N, y/o P. En algunos casos, un ingrediente de la mezcla proporciona nutrientes y/o micronutrientes adicionales, tales como Fe y/o Si. En determinados aspectos, uno o más ingredientes pueden añadirse como solución acuosa. En algunos casos, los ingredientes de la mezcla se proporcionan como un polvo. En algunos casos, uno o más ingredientes pueden añadirse como un gas. En algunos casos, el NH_3 se proporciona a una presión superior a 1 bar, tal como a, o entre, o de cualquier intervalo de 1,2, 1,3, 1,4, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5, 5, 5,5, 6, 6,5, 7, 7,5, 8, 9, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 bar. En algunos casos, una parte de los ingredientes de la mezcla se proporciona como un polvo.

La mezcla de alimentación 106, 206 contiene Ca, Mg, N, P, Fe, y opcionalmente Si. En algunos aspectos, la mezcla de alimentación 106, 206 puede contener i) un óxido metálico, ii) ácido fosfórico, iii) hidróxido de amonio, iv) olivino, v) $CaNH_4PO_4$, vi) $MgNH_4PO_4$, vii) SiO_2, viii) $FeHPO_4$, ix) $MgHPO_4$, y/o x) $CaHPO_4$.

Puede añadirse agua a la mezcla de alimentación en la mezcladora/reactor 212 y/o en el granulador 102, 202. En determinados aspectos, de 5 g a 20 g, o al menos uno cualquiera de, como máximo uno cualquiera de, igual a uno cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20 g de agua en total (p. ej., añadida con uno o más ingredientes de la mezcla de alimentación y/o por separado) puede añadirse a la mezcla de alimentación, por cada 100 g de mezcla de alimentación.

En algunos aspectos, el granulador 102, 202 puede ser un granulador de tambor, granulador malaxador, granulador de bandejas, mezclador de sólidos, tambor de abrasión, una extrusora, granulador mezclador de alto cizallamiento, granulador de rodillos, mycromix, o un matraz de fondo redondo. En el granulador 102, 202 la mezcla de alimentación 106, 206 puede granularse por aglomeración, granulación por pulverización, compactación, granulación por suspensión y/o granulación mediante mezcladora de alto cizallamiento. En algún aspecto particular, la mezcla de alimentación 106, 206 puede granularse en el granulador 102, 202 mediante compactación. En algunos aspectos, el granulador 102, 202 puede contener al menos dos rodillos y la granulación por compactación puede incluir la compresión de la mezcla de alimentación utilizando los al menos dos rodillos. En algunos aspectos, los dos rodillos pueden moverse en sentido contrario a la corriente durante la compactación. En algunos aspectos, la mezcla de alimentación puede comprimirse para formar bolitas, tales como bolitas cilíndricas, mediante los al menos dos rodillos. En algunos aspectos, la superficie de un rodillo puede tener agujeros deseados para comprimir la mezcla de alimentación en los agujeros, y la superficie del otro rodillo puede empujar la mezcla de alimentación en los agujeros. La presión durante la granulación, p. ej., la granulación por compactación, puede ser de 1 bar a 40 bar, o al menos una de las siguientes, como máximo uno cualquiera de, igual a uno cualquiera de, o entre dos cualesquiera 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 bar. En determinados aspectos, la mezcla de alimentación puede granularse en el granulador 102, 202 a temperatura ambiente hasta 50 °C, o al menos uno cualquiera de, como máximo uno cualquiera de, igual a uno cualquiera de, o entre dos cualesquiera de -20, -15, -10, 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 °C.

En algunos aspectos, la reacción de los ingredientes de la mezcla de alimentación, el mezclado y el granulado de la mezcla de alimentación pueden realizarse en distintos recipientes, p. ej., la mezcladora/reactor 212 y el granulador 202 pueden ser recipientes diferentes. En algunos aspectos, la reacción de los ingredientes de la mezcla de alimentación, el mezclado y el granulado de la mezcla de la alimentación pueden realizarse en el mismo recipiente, p. ej., la mezcladora/reactor 212 y el granulador 202 pueden ser el mismo recipiente (no mostrado). En algunos aspectos, la mezcladora/reactor 212 y el granulador 202 pueden ser más de dos recipientes. En algunos casos, el $MgHPO_4$ y el $CaHPO_4$ se forman en dos recipientes diferentes. En algunos casos, el $MgHPO_4$, y el $CaHPO_4$ se forman en un recipiente. En algunos casos, el $CaNH_4PO_4$ y el $MgNH_4PO_4$ se forman en dos recipientes diferentes. En algunos casos, el $CaNH_4PO_4$ y el $MgNH_4PO_4$ se forman en un recipiente. En algunos casos, el $MgHPO_4$ y el $CaHPO_4$ se forman en dos recipientes diferentes y el $CaNH_4PO_4$ y el $MgNH_4PO_4$ se forman en un recipiente. En algunos casos, el $MgHPO_4$ y el $CaHPO_4$ se forman en dos recipientes diferentes y el $CaNH_4PO_4$ y el $MgNH_4PO_4$ se forman en dos recipientes diferentes. En algunos casos, el $MgHPO_4$ y el $CaHPO_4$ se forman en un recipiente y el $CaNH_4PO_4$ y el $MgNH_4PO_4$ se forman en un recipiente. En algunos casos, el $MgHPO_4$ y el $CaHPO_4$ se forman en un recipiente y el $CaNH_4PO_4$ y el $MgNH_4PO_4$ se forman en el mismo recipiente que el $MgHPO_4$ y el $CaHPO_4$.

En algunos aspectos, el $MgHPO_4$, el $CaHPO_4$, el $CaNH_4PO_4$, y/o el $MgNH_4PO_4$ se forman a una temperatura de al menos, como máximo, igual a, o entre dos cualesquiera de 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99 °C, por ejemplo, entre 20 y 75 °C o entre 30 y 75 °C.

En algunos casos, el fertilizante puede extruirse antes del secado. La extrusora puede extruir el fertilizante a presiones de al menos, como máximo, igual a, o entre dos cualesquiera de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 y 40 bar. La extrusora puede extruir el fertilizante a temperaturas de al menos, como máximo, igual o entre dos cualesquiera de -20, -15, -10, 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 °C. El producto extruido puede cortarse o dividirse antes del secado, tal como, mediante un troquel.

En un determinado aspecto, el tamaño deseado de un producto fertilizante final, tal como un gránulo, puede ser de 0,5 a 5 mm, o de 1 a 4 mm, y tener un tamaño inferior a 0,5 mm o 1 mm, y/o tener un tamaño superior a 4 mm o 5 mm puede separarse de la mezcla granulada húmeda 222 en el uno o más tamices de tamaño 216. En determinados aspectos, la mezcla granulada húmeda puede redondearse y/o esferonizarse en un esferonizador. En algunos casos, la mezcla granulada húmeda se pone en contacto con un esferonizador durante al menos uno de, como máximo uno cualquiera de, igual a uno cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50 o 60 segundos. El esferonizador en algunos casos tiene un disco giratorio o rotatorio capaz de girar a al menos uno cualquiera de, como máximo uno cualquiera de, igual a uno cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 200, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000 rpm. En determinados aspectos, la mezcla granulada húmeda puede secarse en la secadora 104, 204 a una temperatura de 40 °C a 85 °C, o al menos a una cualquiera de, como máximo uno cualquiera de, igual a una cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 y 85 °C. En algunos aspectos, la secadora 104, 204 puede ser una secadora de lecho fluido, una secadora de tambor o una secadora instantánea. En algunos aspectos, la mezcla granulada húmeda puede secarse en la secadora 104, 204 con un flujo de aire caliente que tenga un caudal de al menos uno cualquiera de, como máximo uno cualquiera de, igual a uno cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, y 500 m^3/h y/o una rotación de al menos uno cualquiera de, como máximo uno cualquiera de, igual a uno cualquiera de, o entre dos cualesquiera de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 rpm.

Ejemplos

La presente invención se describirá con más detalle por medio de ejemplos específicos. Los ejemplos a continuación se ofrecen con fines únicamente ilustrativos. Los expertos en la materia reconocerán fácilmente una diversidad de parámetros no críticos que pueden cambiarse o modificarse para producir los mismos resultados esencialmente.

Ejemplo 1

Producción de una composición de fertilizante de liberación lenta

Se pueden añadir 160 g de polvo de olivino a 78 g de ácido fosfórico al 80 % en peso en un vaso de precipitados de vidrio de 1 litro y agitar la mezcla de reacción. A continuación, puede aumentarse la temperatura de la mezcla de reacción a razón de 4 °C /min hasta que la temperatura alcance los 62-65 °C. La mezcla de reacción puede agitarse durante 45 minutos a esta temperatura.

En un vaso de precipitados aparte, se pueden mezclar 80 g de CaO con 140 g de ácido fosfórico al 80 % en peso en un vaso de precipitados de vidrio de 1 litro y agitar. La temperatura de la mezcla de reacción puede entonces aumentarse a razón de 4 °C /min hasta que la temperatura alcance los 62-65 °C. La mezcla de reacción puede agitarse durante 30 minutos a esta temperatura.

El contenido de ambos vasos de precipitados puede combinarse y la temperatura puede reducirse a 40 °C. Pueden añadirse a la mezcla, gota a gota, 57 g de una solución de NH_4OH. La mezcla de reacción resultante puede agitarse durante 30 min a 40 °C. A continuación, la temperatura puede elevarse a 74 °C, momento en el cual, parte del agua comienza a evaporarse y la mezcla se vuelve gelatinosa. A continuación, la mezcla gelatinosa puede secarse para obtener un material fertilizante sólido. A continuación, el material sólido seco puede triturarse para obtener partículas de fertilizante final con un tamaño de malla de 20-60.

REIVINDICACIONES

1. Un método para preparar una composición de fertilizante de liberación lenta que comprende nitrógeno (N), fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg), comprendiendo el método las etapas:

a. hacer reaccionar olivino y óxido de calcio con ácido fosfórico para producir una mezcla de reacción que comprende hidrogenofosfato de calcio, hidrogenofosfato de magnesio y dióxido de silicio; y
b. hacer reaccionar una fuente de amoníaco con el hidrogenofosfato de calcio y el hidrogenofosfato de magnesio para producir fosfato amónico magnésico y fosfato amónico cálcico,

en donde la composición de fertilizante de liberación lenta comprende el fosfato amónico magnésico y el fosfato amónico cálcico.

2. El método de la reivindicación 1, en donde las etapas a y b se realizan en el mismo recipiente.

3. El método de la reivindicación 1 o 2, que comprende además secar la composición de fertilizante.

4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la etapa de reacción del olivino y el óxido de calcio con el ácido fosfórico se realiza a una temperatura que varía de 20 °C a 75 °C.

5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el secado de la composición de fertilizante proporciona una composición de fertilizante de gel de sílice deshidratado que comprende fosfato amónico magnésico y fosfato amónico cálcico encapsulados dentro de un gel de sílice deshidratado.

6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la composición de fertilizante de liberación lenta comprende fosfato amónico magnésico y fosfato amónico cálcico en una superficie del fertilizante.

7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el olivino y el óxido de calcio se proporcionan en una relación en peso que varía de 1:5 a 5:1.

8. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la fuente de amoníaco es hidróxido de amonio o amoníaco.

9. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde la fuente de amoníaco y el ácido fosfórico se proporcionan en una relación en peso que varía de 1:1 a 1:10.

10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde la composición de fertilizante de liberación lenta se prepara en forma de polvo, perla, gránulo o bolita.

11. Una composición fertilizante de liberación lenta que comprende fosfato amónico magnésico y fosfato amónico cálcico encapsulados en dióxido de silicio.

12. La composición de fertilizante de liberación lenta de la reivindicación 11, en donde la composición comprende además fosfato amónico de hierro.

13. La composición de fertilizante de liberación lenta de la reivindicación 11 o 12, en donde el dióxido de silicio es un gel de dióxido de silicio deshidratado.

14. La composición de fertilizante de liberación lenta de una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en donde la composición de fertilizante se proporciona en forma de polvo, perla, gránulo o bolita.

15. Un método para fertilizar suelo agrícola que comprende aplicar al suelo la composición de fertilizante de liberación lenta de una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14.

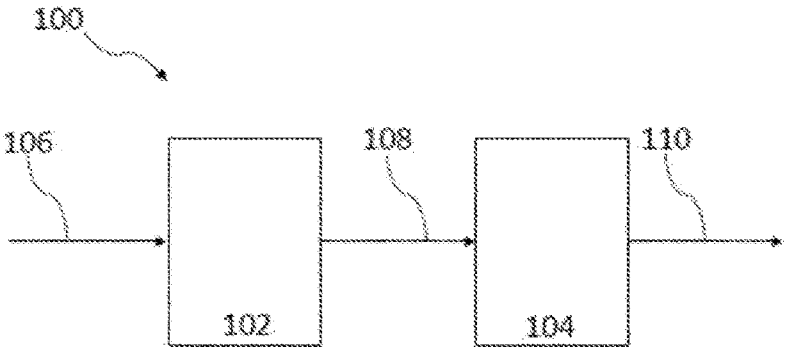
100
106
108
110
102
104

FIG. 1

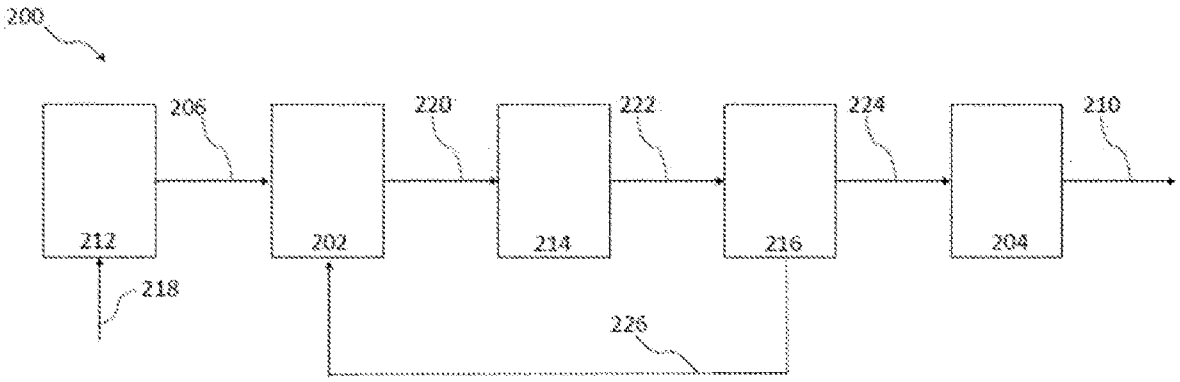
200
206
220
222
224
210
212
202
214
216
204
218
226

FIG. 2