

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 913 070**

51 Int. Cl.:

C05G 5/30 (2010.01)
C05B 15/00 (2006.01)
C05G 3/00 (2010.01)
C05B 17/00 (2006.01)
C05B 11/10 (2006.01)
C05D 9/02 (2006.01)
C05G 5/23 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2018 PCT/GB2018/053355**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.06.2019 WO19106338**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2018 E 18815279 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2022 EP 3717443**

54 Título: **Fertilizantes fosfáticos a base de sales de alcanolamina del ácido fosfórico y complejos de metal de alcanolamina**

30 Prioridad:

01.12.2017 GB 201720083

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.05.2022

73 Titular/es:

**YARA UK LIMITED (100.0%)
Harvest House Origin Way Europarc
Grimsby, DE37 9TZ, GB**

72 Inventor/es:

**WARD, STUART y
BUTLER, VICTORIA**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 913 070 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

Fertilizantes fosfáticos a base de sales de alcanolamina del ácido fosfórico y complejos de metal de alcanolamina

5 **Campo de la invención**

La invención se relaciona con el uso de sales de alcanolamina del ácido fosfórico de acuerdo con la reivindicación 11 y con composiciones acuosas que comprenden sales de mono-etanolamina del ácido fosfórico de acuerdo con la reivindicación 1.

10

Antecedentes

15

Los nutrientes de las plantas se pueden dividir en dos clases principales: primarios o macronutrientes, tales como el nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K); nutrientes secundarios, tales como el calcio (Ca), el magnesio (Mg), el azufre (S) y el sodio (Na); y micronutrientes, tales como el boro (B), el cobre (Cu), el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el molibdeno (Mo) y el zinc (Zn). Se necesita un suministro suficiente de estos nutrientes para el crecimiento saludable de las plantas y en la agricultura moderna; es una práctica común aplicar fertilizantes inorgánicos a los cultivos para mejorar el rendimiento y la calidad. Los fertilizantes sólidos, tales como las pastillas o los gránulos, que contienen uno o más de los nutrientes primarios (N, P y K) representan el tipo más común de fertilizante y normalmente se aplican a el suelo. Sin embargo, los nutrientes líquidos también están disponibles y se están haciendo cada vez más importantes en muchos mercados debido a los beneficios que ofrecen al agricultor en términos de conveniencia, flexibilidad, precisión de suministro y facilidad de aplicación. Los fertilizantes que contienen nutrientes primarios, secundarios y micronutrientes, solos o en combinación, están ampliamente disponibles y se pueden aplicar usando una amplia variedad de métodos, tales como la aspersión sobre el suelo, la inyección en el suelo, el bandeado, la incorporación en semilleros durante la perforación; en el agua de riego (mediante sistemas de fertirriego o hidropónicos); mediante la aplicación por aspersión sobre el follaje del cultivo (aplicación foliar); o en el tratamiento de la semilla.

20

25

Es deseable que los fertilizantes líquidos estén lo más concentrados que sea posible para minimizar los costes de transporte y almacenamiento, reducir los residuos de envasado, mejorar la productividad y facilitar los métodos modernos de aplicación y dosificación.

30

35

El fósforo es uno de los nutrientes primarios de las plantas, por lo tanto, los fertilizantes fosfáticos (es decir, los fertilizantes que contienen fósforo) representan un segmento muy importante del mercado. Las fuentes de fósforo típicas que se usan en la producción de un fertilizante granulado sólido destinado para la aplicación sobre el suelo incluyen superfosfato simple, superfosfato triple y fosfato de di-calcio, que son solo parcialmente solubles en agua. Para las aplicaciones que necesitan que el fertilizante se disuelva completamente, tales como en el fertirriego, se usan ampliamente las sales de fosfato solubles en agua, tales como el fosfato de mono-amonio (MAP), el fosfato de di-amonio (DAP), el fosfato de mono-potasio (MKP) y el fosfato de di-potasio (DKP), y se pueden fabricar productos de fertilizantes líquidos de ellos.

40

Una desventaja mayor de los productos de fertilizantes líquidos de la técnica anterior que comprenden fósforo es que la concentración de fósforo en las composiciones acuosas que se pueden obtener es relativamente baja. En la 83ª Edición del Manual de Química y Física se enumeran las siguientes solubilidades a 25 °C de cada uno de los fosfatos mencionados anteriormente:

45

Componente de P	Fórmula	Solubilidad a 25 °C (g/100 g de agua)	Contenido teórico de P de la solución saturada (expresado como % en peso de P ₂ O ₅)*
Fosfato de hidrógeno de amonio (fosfato de di-amonio, DAP)	(NH ₄) ₂ HPO ₄ (132 g/mol)	69,5	22
Fosfato de dihidrógeno de amonio (fosfato de mono-amonio, MAP)	(NH ₄)H ₂ PO ₄ (115 g/mol)	40,4	17
Fosfato de hidrógeno de potasio (fosfato de di-potasio, DKP)	K ₂ HPO ₄ (174 g/mol)	168	25
Fosfato de dihidrógeno de potasio (fosfato de mono-potasio, MKP)	KH ₂ PO ₄ (136 g/mol)	25,0	10

* 1 g de P = 2,29 g de P₂O₅

En la práctica, las concentraciones también están limitadas por la cristalización relativamente alta de estas soluciones acuosas. Si se agregaron otros nutrientes a la solución acuosa, estos también pueden reducir el contenido de P₂O₅ que se puede lograr.

50

Otra desventaja de las sales de fosfato solubles en agua, tales como el fosfato de mono-amonio (MAP), el fosfato de di-amonio (DAP), es que también contienen una cantidad de nitrógeno en la forma de amonio. En consecuencia, es imposible producir fertilizantes que contienen fosfato libre de amonio utilizando los compuestos de MAP y DAP que se usan ampliamente y es imposible mezclar estos compuestos con compuestos que contienen nitrógeno (por ejemplo, en los fertilizantes que contienen NPK) sin alterar su contenido de K.

El ácido fosfórico se utiliza como un fertilizante que contiene P en algunas situaciones. La concentración de los grados comercialmente disponibles típicos es del 75 % en peso que equivale a un contenido de P_2O_5 del 54 % en peso. El punto de congelamiento del 75 % en peso de ácido fosfórico es de $-20\text{ }^\circ\text{C}$, de tal manera que represente una fuente de P muy altamente concentrada en una forma líquida estable. Sin embargo, la naturaleza fuertemente ácida del ácido fosfórico es problemática en muchas situaciones. Por ejemplo, en la aplicación foliar, puede ocasionar un grave daño al cultivo, tiene una mala compatibilidad con algunas otras formas de nutrientes y agroquímicos y su naturaleza corrosiva puede causar daños al equipo.

La técnica anterior enseña la preparación y el uso de varios fertilizantes fosfáticos líquidos con una alta concentración. Por ejemplo, los documentos US 2.950.961 (Striplin *et al.*, 1960), US 3171.733 (Hignett *et al.*, 1966), US 3.336.127 (Hignett *et al.*, 1967) y US 3.464.808 (Kearnes *et al.*, 1969) divulgan métodos para la preparación y el uso de polifosfato de amonio. Este material hoy se usa ampliamente en la agricultura. Los grados comerciales típicos del polifosfato de amonio contienen el 10 % en peso de N y el 34 % en peso de P_2O_5 (normalmente designado en la agroindustria como un grado 10-34-0) y tienen un grado de punto de cristalización de $<-20\text{ }^\circ\text{C}$. Así como la alta concentración, se reivindica que el polifosfato de amonio ofrece algunas ventajas agronómicas comparado con los ortofosfatos. Por ejemplo, es menos propenso al bloqueo en el suelo y puede secuestrar micronutrientes. Sin embargo, también existen algunas desventajas. En el almacenamiento a largo plazo, es posible que el polifosfato se rompa, lo que produce la formación de lodo en los tanques de contención. También en algunas situaciones, por ejemplo, cuando se necesita una captación más rápida, es agronómicamente más beneficioso tener el P presente en la forma iónica del ortofosfato primario (H_2PO_4) que es la forma predominante captada por la planta. Alternativamente, los polifosfatos de potasio también se han usado en los fertilizantes líquidos.

Los métodos para la preparación y el uso de los fertilizantes líquidos a base de fosfato de urea se divulgan en los documentos US 3.022.153 (Miller, 1958), US 3.540.874 (Stinson, 1970), US 3.723.086 (Poynor *et al.*, 1973) y GB1149924 (Keens, 1969). Este tipo de fertilizante es un producto de la reacción de la urea y el ácido fosfórico que es altamente soluble en el agua que permite fertilizantes líquidos con hasta el 28 % en peso de P_2O_5 que se debe producir. El fosfato de urea no se utiliza ahora ampliamente en la agricultura. Sin embargo, su naturaleza fuertemente ácida y corrosiva puede limitar la adecuación en algunas situaciones.

El documento US2213513 (Bancroft *et al.*, 1940) divulga métodos para la preparación y el uso de materiales fertilizantes que contienen fosfato orgánico solubles, a base de fosfatos de alquilo. Aun cuando se informe que estos materiales son solubles en agua, la concentración de los nutrientes que se puede alcanzar en una forma líquida es bastante baja.

El documento SU424848 A1 (Momot Institute of Chemistry of the Uzbek SSR, 1974) divulga la preparación de sales de monoetanolamina del ácido fosfórico mediante la neutralización de la solución de ácido fosfórico con amoníaco gaseoso y, a continuación, con monoetanolamina. La solución resultante tiene un contenido de P (como P_2O_5) del 42 % y un contenido de N del 11,3 % (presente como amoníaco).

El documento GB886504 A (Ferrari *et al.*, 1962) divulga un proceso para la preparación de 2-aminoetilmonofosfato mediante la deshidratación de la sal de monoetanolamina del ácido ortofosfórico y su uso como un fertilizante.

Si bien se reivindica que los materiales y las composiciones tratadas anteriormente se desempeñan en forma efectiva, todos tienen uno o más inconvenientes importantes, tales como un contenido relativamente bajo de fósforo, una mala seguridad o incompatibilidad del cultivo con otros nutrientes o agroquímicos.

Por lo tanto, existe la necesidad de composiciones fertilizantes fosfáticos líquidos mejorados que tengan un alto contenido de fósforo, una buena seguridad y compatibilidad del cultivo con otros nutrientes y agroquímicos.

El documento PL346228 A1 (Kubiczek *et al.*, 2002) divulga fertilizantes libres de amonio que comprenden una sal de alcanolamina del ácido fosfórico, incluyendo una composición que comprende el 34,1 % en peso de ácido fosfórico y monoetanolamina.

El documento US 2.222.735 (Bancroft *et al.*, 1940) divulga composiciones que comprenden roca de fosfato y etanolaminas, tales como di-etanolamina, mono-etanolamina y tri-butanolamina.

El documento US 2007/0227399 A1 (Abou-Nemeh, 2007) divulga composiciones para la conservación de la madera que pueden comprender un complejo de metal de fosfato de etanolamina, tal como fosfato de etanolamina de zinc.

El documento WO2017/059895 A1 (Dattilo y Menez, 2017) divulga una composición dietética que puede comprender

fosfato de etanolamina de zinc.

El documento US 4.332.609 (Ott, 1982) divulga una composición de fertilizante que comprende poliborato de monoetanolamina.

5

Sumario de la invención

Se especifican aspectos de la invención en las reivindicaciones independientes. Las características preferidas se especifican en las reivindicaciones dependientes.

10

La presente invención se relaciona con el uso de sales de alcanolamina del ácido fosfórico como un fertilizante libre de amonio. Dicho uso no se ha divulgado en la técnica anterior. Se ha descubierto que dichos compuestos tienen una solubilidad acuosa muy alta y, en consecuencia, pueden formularse en soluciones estables con un contenido muy alto de P_2O_5 . Además, se ha demostrado que dichas preparaciones tienen propiedades agronómicas deseables, tales como una excelente seguridad del cultivo, una captación eficiente y una amplia compatibilidad con otros materiales de nutrientes de las plantas. Preferentemente, el uso es el único uso como un fertilizante libre de amonio de los compuestos reivindicados como una fuente de P libre de amonio en una aplicación particular.

15

De acuerdo con una realización, la alcanolamina se selecciona del grupo de mono-, di- y tri-etanolamina, mono-, di- y tri-isopropanolamina y mezclas de ellas. En particular, la alcanolamina es la mono-etanolamina.

20

Los compuestos de acuerdo con la invención se preparan mediante el contacto del ácido fosfórico con una alcanolamina en solución acuosa en relaciones molares de entre 3:1 y 1:3, más preferentemente de entre 2:1 y 1:2.5, lo más preferentemente de entre 1:1 y 1:2. No se elimina el agua, de manera que no se espera que se formen ésteres. En consecuencia, los compuestos de acuerdo con la invención tienen la fórmula general alcanolamina. H_3PO_4 .

25

En particular, las sales de mono-alcanolamina y ácido fosfórico se preparan poniendo en contacto a un ácido fosfórico con una mono-etanolamina (nombre según IUPAC: 2-aminoetanol, número de CAS 141-43-5; fórmula: $NH_2CH_2CH_2OH$) en soluciones acuosas en relaciones molares de entre 3:1 y 1:3, más preferentemente de entre 2:1 y 1:2.5, lo más preferentemente de entre 1:1 y 1:2. Los compuestos de acuerdo con la invención pueden tener las fórmulas químicas generales $C_2H_{10}NO_5P$ y/o $C_4H_{17}N_2O_6P$. Preferentemente, la temperatura de la solución acuosa que comprende el ácido fosfórico y la mono-etanolamina se mantiene por debajo de 50 °C durante el proceso de producción.

30

De acuerdo con una realización, el fertilizante es una solución fertilizante acuosa. Dicha solución fertilizante acuosa es una solución muy estable de sales de alcanolamina del ácido fosfórico con un contenido muy alto de P_2O_5 . Normalmente, el contenido de P_2O_5 de dicha solución fertilizante acuosa está en un rango del 5 % al 40 % en peso (p/p), en relación con el peso total de la composición acuosa, más en particular del 10 % al 40 % en peso (p/p), más en particular del 20 % al 40 % en peso (p/p), lo más en particular del 30 % al 40 % en peso (p/p). En la definición de un rango, se incluyen los puntos finales.

35

40

De acuerdo con una realización, la solución fertilizante acuosa se aplica mediante la aspersión sobre el suelo, la inyección en el suelo, el bandeo, la incorporación en semilleros durante la perforación, a través de sistemas de fertirriego o hidropónicos, mediante aplicación foliar o mediante revestimiento de la semilla.

45

La presente invención también se relaciona con una composición acuosa, que comprende una sal de alcanolamina del ácido fosfórico y al menos un complejo de metal de alcanolamina. Sorpresivamente, se halló que las alcanolaminas son buenos formadores de complejos para micronutrientes, tales como boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe) y zinc (Zn). Los complejos de metal de alcanolamina son perfectamente miscibles y solubles en una composición acuosa que comprende una sal de alcanolamina del ácido fosfórico y, por lo tanto, dicha composición es un buen excipiente para agregar dichos micronutrientes a una composición fertilizante.

50

De acuerdo con una realización, la alcanolamina del complejo de metal de alcanolamina es la mono-etanolamina.

55

De acuerdo con una realización, la sal de alcanolamina del ácido fosfórico es la mono-etanolamina y la relación molar del ácido fosfórico y la mono-etanolamina de la sal de mono-etanolamina del ácido fosfórico en la composición acuosa, que comprende una sal de mono-etanolamina del ácido fosfórico, es de entre 3:1 y 1:3, más preferentemente de entre 2:1 y 1:2.5, lo más preferentemente de entre 1:1 y 1:2. Preferentemente, dicha composición acuosa consiste esencialmente en agua, sales de mono-etanolamina del ácido fosfórico y uno o más complejos de metal de alcanolamina, preferentemente uno o más complejos de metal de mono-etanolamina.

60

Se ha descubierto que dicha composición puede tener un contenido muy alto de P_2O_5 . Además, se ha demostrado que dicha composición acuosa tiene propiedades agronómicas deseables, tales como una excelente seguridad del cultivo, una captación eficiente y una compatibilidad amplia con otros materiales de nutrientes de las plantas. Normalmente, el contenido de P_2O_5 de dicha solución fertilizante acuosa está en un rango del 5 % al 40 % en peso (p/p), en relación con el peso total de la composición acuosa, más en particular del 10 % al 40 % en peso (p/p), más

65

en particular del 20 % al 40 % en peso (p/p), lo más en particular del 30 % al 40 % en peso (p/p). En la definición de un rango, se incluyen los puntos finales.

5 De acuerdo con una realización, el complejo de metal de etanolamina se selecciona del grupo de etanolamina de boro, etanolamina de cobre, etanolamina de zinc y etanolamina de hierro.

10 De acuerdo con una realización, la composición acuosa puede comprender, además, una fuente de nitrógeno libre de amonio y/o una fuente de potasio, en particular, en donde la fuente de nitrógeno es urea o un nitrato y/o la fuente de potasio es nitrato de potasio o sulfato de potasio.

15 De acuerdo con una realización, la composición acuosa puede comprender, además, uno o más elementos, seleccionados del grupo de calcio, magnesio, azufre, sodio, boro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc. Estos elementos se consideran nutrientes secundarios y micronutrientes. Sorpresivamente, se halló que dichas soluciones fueron muy estables, es decir, los nutrientes secundarios y micronutrientes no se cristalizan ni forman precipitados o sedimentos a corto plazo.

La composición acuosa se usa como un fertilizante libre de amonio.

20 La invención también se describe, a continuación, en forma no taxativa, con referencia a los siguientes ejemplos.

Parte experimental

Ejemplo 1. Fertilizante fosfático que contiene el 35 % en peso de P₂O₅ (no de acuerdo con la invención)

25 El siguiente ejemplo demuestra la formulación necesaria para elaborar 1 kg de un fertilizante fosfático líquido que contiene el 34 % en peso de P₂O₅, a base de la sal de mono-etanolamina del ácido fosfórico, producido en la relación molar de 1 mol de mono-etanolamina a 1 mol de ácido fosfórico. La mono-etanolamina usada fue el 90 % en peso de la solución acuosa. El ácido fosfórico usado fue el 75 % en peso de grado de alimento con un contenido de P₂O₅ del 54,3 % en peso.

30	Ácido fosfórico 75 %	626,46 g
	Mono-etanolamina 90 %	325,38 g
	Agua	48,16 g
	Total	1000,00 g

35 El ácido fosfórico se colocó en un recipiente de vidrio equipado con una camisa de enfriamiento y un agitador de impulsor. Se agregó lentamente mono-etanolamina al ácido agitado, controlando el índice de agregado de tal manera que se mantuviera la temperatura por debajo de 50 °C. Después de terminar el agregado de la mono-etanolamina, se continuó agitando mientras la solución se enfriaba a temperatura ambiente. A continuación, se agregó agua para ajustar el peso del lote a 1000 g. El producto resultante fue una solución transparente, incolora, levemente viscosa con las siguientes características fisicoquímicas:

Contenido de P ₂ O ₅ :	34 % en peso
pH (producto puro):	4,3
Punto de cristalización:	<-20 °C
Densidad:	1,426 kg/l

40 El producto permaneció estable durante al menos un año a temperatura ambiente.

Se debe señalar que se puede fabricar un producto más concentrado omitiendo el agregado del agua, usando soluciones de ácido y mono-etanolamina más concentradas y permitiendo que el calor de la reacción evapore el agua desde la mezcla de la reacción.

45 Se realizaron ensayos de invernadero para evaluar la seguridad del cultivo de la composición descrita anteriormente. Los ensayos se realizaron usando un cultivo de rábano de ensayo que se cultivó en macetas en un medio de arena y se alimentó a través de una solución de nutrientes. Se empleó un diseño de bloques asignado en forma aleatoria usando 4 réplicas. El producto se aplicó mediante la aspersión foliar en la etapa de crecimiento de 5 hojas usando un índice equivalente a 10 kg/hectárea en 200 litros/hectárea de agua (que equivale a una entrada de 3,4 kg de P₂O₅ por hectárea). Para la comparación, también se realizaron tratamientos que suministran la misma entrada de P₂O₅ por cada hectárea en la forma de polifosfato de amonio, ácido fosfórico, fosfato de mono-amonio, fosfato de mono-potasio y pirofosfato de potasio. Se evaluaron los síntomas de la fitotoxicidad del cultivo siete días después de la aspersión.

55 El único tratamiento que muestra signos de daños al cultivo (quemadura de las hojas) fue aquel del uso de ácido fosfórico. El ensayo, por lo tanto, demuestra la seguridad del producto a base de la sal de mono-etanolamina del ácido fosfórico.

Se realizaron otros ensayos de invernadero de la eficacia de la composición descritos anteriormente en comparación con fuentes tradicionales de P (ácido fosfórico y polifosfato de potasio). Los ensayos se realizaron usando un cultivo de ensayo de tomate cultivado en macetas en un medio mezclado de arena y tierra calcárea usando 6 réplicas. Se aplicaron nutrientes mediante un sistema de fertirriego; en cada caso, se aplicaron 31 mg/l de P_2O_5 sobre el agua de riego en cada forma diferente. El ensayo se realizó durante un período de 6 semanas y se evaluaron los siguientes parámetros: el número de flores y frutos húmedos; el estado de los nutrientes; la materia fresca y seca de la raíz.

Ejemplo 2. Fertilizante fosfático que contiene el 21 % en peso de P_2O_5 (no de acuerdo con la invención)

El siguiente ejemplo demuestra la formulación necesaria para elaborar 1 kg de un fertilizante fosfático líquido que contiene el 21 % en peso de P_2O_5 a base de una sal de mono-etanolamina del ácido fosfórico que reacciona en la relación molar de 2 moles de mono-etanolamina a 1 mol de ácido fosfórico. La mono-etanolamina utilizada fue el 90 % en peso de la solución acuosa. El ácido fosfórico utilizado fue el 75 % en peso de grado de alimento con un contenido de P_2O_5 del 54,3 % en peso.

Ácido fosfórico 75 %	391,98 g
Mono-etanolamina 90 %	407,20 g
Agua	200,82 g
Total	1000,00 g

Se colocó el ácido fosfórico en un recipiente de vidrio equipado con una camisa de enfriamiento y un agitador de impulsor. Se agregó lentamente mono-etanolamina al ácido agitado, controlando el índice de agregado de tal manera que se mantuviera la temperatura por debajo de 50 °C. Después de terminar el agregado de la mono-etanolamina, se continuó agitando mientras la solución se enfriaba a la temperatura ambiente. A continuación, se agregó agua para ajustar el peso del lote a 1000 g. El producto resultante fue una solución transparente, levemente amarillenta, levemente viscosa con las siguientes características fisicoquímicas:

Contenido de P_2O_5 :	21 % en peso
pH (producto puro):	8,5
Punto de cristalización:	<-10 °C
Densidad:	1,329 kg/l

El producto se mantuvo estable durante al menos un año a temperatura ambiente.

Ejemplo 3. Fertilizante fosfático que contiene 100 g/l de P_2O_5 y 100 g/l de boro (B)

El siguiente ejemplo describe el proceso para elaborar 1 litro de un fertilizante líquido mezclado que contiene el nutriente primario de las plantas fósforo más el micronutriente boro. El contenido de nutrientes del producto final es de 100 g/l de P_2O_5 y 100 g/l de boro (B). El componente fosfático del fertilizante está a base de la sal de mono-etanolamina del ácido fosfórico que reacciona en la relación molar de 1,779 mol de mono-etanolamina a 1 mol de ácido fosfórico. La mono-etanolamina utilizada fue el 90 % en peso de solución acuosa. El ácido fosfórico utilizado fue el 75 % en peso de grado de alimento con un contenido de P_2O_5 del 54,3 % en peso. El componente de boro del fertilizante es un compuesto formado mediante la reacción de mono-etanolamina con ácido bórico en la relación molar de 1:3 (comúnmente denominado en la industria de los fertilizantes "etanolamina de boro", que es un complejo de boro y etanolamina).

Agua	92,39 g
Etanolamina de boro	902,06 g
Mono-etanolamina 90 %	170,25 g
Ácido fosfórico 75 %	184,30 g
Total	1349,00 g

El agua y la etanolamina de boro se colocaron en un recipiente de vidrio equipado con un agitador de impulsor. Se agregó mono-etanolamina a la mezcla agitada, seguido por el ácido fosfórico. La reacción fue levemente exotérmica y, después del agregado de todos los reactivos, se continuó agitando durante 30 minutos. A continuación, se agregó agua para ajustar el volumen del lote a 1 litro. El producto resultante era una solución transparente, prácticamente incolora, levemente viscosa con las siguientes características fisicoquímicas:

pH (producto puro):	8,2
Punto de cristalización:	<-5 °C
Densidad:	1,349 kg/l

El producto se mantuvo estable a temperatura ambiente sin ninguna sedimentación durante al menos un año.

El mismo producto también se puede producir fabricando el componente de etanolamina de boro *in situ* en el mismo recipiente de la reacción haciendo reaccionar la mono-etanolamina y el ácido bórico en sus proporciones necesarias

antes de que se forme la sal de fosfato.

Sorpresivamente, los intentos de producir una composición fertilizante equivalente utilizando fuentes de fosfato convencionales demostraron ser infructuosos. El uso de fosfato de mono-potasio, fosfato de di-potasio, pirofosfato de tetra-potasio, tri-polifosfato de potasio, fosfato de mono-amonio, fosfato de di-amonio o polifosfato de amonio como la fuente de P para lograr el contenido de nutrientes mencionado anteriormente de 100 g/l de P₂O₅ y 100 g/l de boro (B) derivó en productos que se cristalizaron o formaron precipitados o sedimentos a corto plazo. Esto demuestra la compatibilidad superior del componente fosfático a base de las sales de mono-etanolamina del ácido fosfático que permite la flexibilidad en la formulación de composiciones complejas de nutrientes de las plantas.

Se realizaron ensayos de invernadero para evaluar la eficacia de la composición de fósforo/boro descrita anteriormente cuando se hizo la aspersión foliar sobre un cultivo. Los ensayos se realizaron usando un ensayo de cultivo de girasol cultivado en macetas en un medio de arena y alimentado mediante una solución de nutrientes (sin boro). Se empleó un diseño de bloques asignados en forma aleatoria utilizando 4 réplicas. A continuación, se enumeran detalles de los tratamientos:

Tratamiento 1: Neutro (Control)

Tratamiento 2: 3 l/ha del fertilizante fosfático de acuerdo con la invención en 200 l/ha de agua aplicado en la etapa de 4 hojas.

Tratamiento 3: 4,5 l/ha del fertilizante fosfático de acuerdo con la invención en 200 l/ha de agua aplicado en la etapa de 4 hojas.

Tratamiento 4: 3 l/ha del fertilizante fosfático de acuerdo con la invención en 200 l/ha de agua aplicado en la etapa de 4 hojas + 3 l/ha en 200 l/ha de agua 14 días más tarde.

El cultivo se cosechó 8 semanas después de la segunda aplicación foliar y se midieron la altura de la planta, el peso fresco de la planta, el peso seco de la cabeza y el peso seco de las semillas. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Número de tratamiento	Altura promedio de la planta (cm)	Desv. est.	Peso fresco promedio de la planta (g)	Desv. est.	Peso seco promedio de la cabeza (g)	Desv. est.	Peso seco promedio de las semillas (g)	Desv. est.
1	44,50	8,81	74,05	28,05	8,30	2,77	0,08	0,08
2	49,25	10,66	233,64	52,45	28,67	3,58	4,50	3,44
3	47,50	7,77	241,81	42,86	34,43	5,25	10,98	2,48
4	51,75	3,10	191,55	36,79	27,61	3,92	8,11	3,70

Los tratamientos 2, 3 y 4 mostraron aumentos importantes en el peso fresco promedio de la planta, el peso seco promedio de la cabeza y el peso seco promedio de las semillas en comparación con el control sin tratamiento, demostrando así la eficacia agronómica de la composición.

REIVINDICACIONES

1. Una composición acuosa para su uso como un fertilizante libre de amonio que comprende una sal de alcanolamina del ácido fosfórico y al menos un complejo de metal de alcanolamina, en donde el al menos un complejo de metal de
5 alcanolamina no es un complejo de fosfato de alcanolamina de metal seleccionado del grupo de complejo de fosfato de etanolamina de zinc, complejo de fosfato de etanolamina de manganeso, complejo de fosfato de etanolamina de hierro, complejo de fosfato de etanolamina de cromo y complejo de fosfato de etanolamina de calcio.
2. Composición acuosa de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la alcanolamina del complejo de metal de
10 alcanolamina es mono-etanolamina.
3. Composición acuosa de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde la sal de alcanolamina del ácido fosfórico se selecciona del grupo de mono-, di- y tri-etanolamina, mono-, di- y tri-isopropanolamina y mezclas de ellas.
15
4. Composición acuosa de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la sal de alcanolamina del ácido fosfórico es mono-etanolamina.
5. Composición acuosa de acuerdo con la reivindicación 4, en donde la relación molar del ácido fosfórico y la mono-
20 etanolamina de la sal de mono-etanolamina del ácido fosfórico es de entre 3:1 y 1:3, más preferentemente de entre 2:1 y 1:2,5, lo más preferentemente de entre 1:1 y 1:2.
6. Composición acuosa de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el contenido de P_2O_5
25 de la composición está en un rango del 5 % al 40 % en peso (p/p), en relación con el peso total de la composición acuosa.
7. Composición acuosa de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el complejo de metal de alcanolamina se selecciona del grupo de etanolamina de boro, etanolamina de cobre, etanolamina de zinc y etanolamina de hierro.
30
8. Composición acuosa de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende, además, una fuente de nitrógeno libre de amonio y/o una fuente de potasio.
9. Composición acuosa de acuerdo con la reivindicación 8, en donde la fuente de nitrógeno es urea o un compuesto
35 de nitrato y/o la fuente de potasio es nitrato de potasio o sulfato de potasio.
10. Composición acuosa de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende, además, uno o más elementos, seleccionados del grupo de calcio, magnesio, azufre, sodio, boro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc.
40
11. Uso de la composición acuosa definida en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 como un fertilizante libre de amonio.
12. Uso de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la composición acuosa se aplica mediante la aspersión sobre
45 el suelo, la inyección en el suelo, el bandeado, la incorporación en el semillero durante la perforación, mediante sistemas de fertirriego o hidropónicos, mediante la aplicación foliar o mediante el revestimiento de las semillas.