

FORMULACIÓN Y MÉTODO PARA OBTENCIÓN DE ÁCIDOS NUTRICIONALES PARA VEGETALES

CAMPO DE LA INVENCION

5

La presente invención se refiere a un fertilizante de origen mineral que aporta micronutrientes al suelo y a las plantas, que utiliza principalmente acetatos de potasio, calcio, magnesio, y de microelementos como hierro, zinc, manganeso y cobre, donde los fertilizantes se obtienen mediante un proceso sustentable de alta eficiencia.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

La aplicación de fertilizantes al suelo, o a las hojas de los vegetales, es en la actualidad una práctica muy recomendada en la agricultura a fin de mantener una nutrición mineral adecuada en las plantas.

15

En particular la deficiencia de nutrientes como potasio, calcio y magnesio se explica a continuación:

POTASIO

La deficiencia de potasio provoca bajo rendimiento y poca firmeza en los vegetales, mala calidad, baja vida de anaquel del producto cosechado, mayor necesidad de agua, bloqueo de la síntesis de proteína, poca resistencia a plagas, enfermedades y heladas.

20

La deficiencia de K⁺ se manifiesta inicialmente como una necrosis que se desarrolla en las plantas en primer lugar en márgenes de las hojas y entre las venas foliares, y posteriormente se desarrolla en la zona basal de la hoja. Debido al papel vital del K⁺ en las células vegetales, las plantas con una deficiencia importante de este nutriente terminan por mostrar una reducción del crecimiento, especialmente de la parte aérea. (Amtmann et al, 2004)

25

El principal efecto del potasio sobre la calidad de los frutos es el incremento del tamaño de los mismos, además estimula la formación de constituyentes deseables del fruto tales como azúcares. Las plantas exigentes en potasio producen grandes cantidades de azúcares (caña de azúcar, remolacha, etc).

- 5 En sentido general, el efecto de la fertilización potásica, tanto en los cítricos como en otros cultivos, se aprecia en los incrementos del rendimiento y mejoras de la calidad de los frutos o productos que se obtienen (Piessis y Koen, 1989).

CALCIO

- El calcio es un elemento necesario para múltiples funciones fisiológicas de la planta, ayudando en la producción de frutas de alta calidad, así por ejemplo la
- 10 deficiencia de calcio en el manzano ocasiona la aparición de un moteado parduzco en el pericarpio del fruto, que es una enfermedad conocida como "mancha amarga" o Bitter Pit, y que produce el deterioro de la textura de la pulpa. También una mala nutrición cálcica en el cultivo de las crucíferas
- 15 ocasiona quemaduras en los bordes de las hojas que presenta una coloración negruzca.(Tip Burm).

Existen diversos factores que afectan la absorción y movilidad del calcio:

- Altas temperaturas. Debido a una reducción en la transpiración
- Humedad relativa alta. Debido a una reducción en la transpiración, al estar
- 20 la atmosfera saturada de agua, se reduce la gradiente hídrica, reduciendo la transpiración.
- Déficit hídrico. Debido a una menor absorción de agua
- Radiación oscilante. Debido a una reducción en la transpiración por alteraciones en los estomas y en la fotosíntesis.
- 25 • Antagonismos (Ca-Mg-K-NH₄). Debido a un desbalance nutricional, estos iones compiten entre sí para ser absorbidos y cuando no están en las concentraciones adecuadas se producen alteraciones en su absorción.
- Exceso de vigor o desbalance vegetativo-fuerte de la planta. Las hojas poseen mayor capacidad de transpiración que los frutos, esto

aumenta el flujo de calcio hacia las hojas y reduce el flujo hacia los frutos que en general tienen una baja transpiración.

- Baja disponibilidad. Hay distintas razones, por ejemplo, cuando existen altos niveles de fosfatos en el suelo, el calcio se precipita (no es soluble en agua), lo que significa que no está disponible para la planta.

5 El calcio es poco móvil y tiende a acumularse en los órganos viejos. Las hojas viejas pueden tener concentraciones normales de calcio, mientras que las hojas jóvenes frutos u otros órganos, pueden presentar niveles por debajo de la normalidad. La distribución del calcio que penetra en el fruto resulta bastante
10 irregular, ya que la mayor parte permanece inmovilizada como oxalato en el floema peciolar, en la zona de inserción con el fruto.

MAGNESIO

El magnesio es uno de los elementos esenciales a menudo ignorados en la fertilización moderna, a pesar de su importancia como constituyente estructural
15 de la clorofila, interviene en la asimilación, y a partir del CO₂ y H₂O interviene en transformaciones más complejas e interrelaciones con carbohidratos, lípidos y proteínas.

El magnesio (Mg) juega un papel importante en el metabolismo del fósforo (P) en las plantas y, en consecuencia, indirectamente en la síntesis de proteínas y
20 lípidos. Los iones Mg⁺⁺ parecen ser activadores específicos de ciertos sistemas enzimáticos, especialmente aquellos relacionados con los procesos de fosforilación. El ion Mg⁺⁺ forma un puente entre la estructura del pirofosfato del ATP y el ADP y la molécula de la enzima (Hengel y Kirby, 1979).

El Mg es absorbido por las plantas como ión Mg⁺⁺, la absorción tiene lugar en el
25 suelo o posiblemente como intercambio, y la cantidad de Mg absorbido puede depender de factores como: la cantidad total de Mg presente en el suelo, el tipo de arcilla, la naturaleza de otros iones de intercambio y el poder de extracción del cultivo.

La Foundation for Agronomic Research y Potash and Phosphate Institute of Canada (1988), menciona que el Mg ayuda en el metabolismo de los fosfatos, la respiración de la planta y la activación de numerosos sistemas enzimáticos.

La misma fuente expone que el desequilibrio entre el calcio y el magnesio en el
5 suelo, acentúa la deficiencia de magnesio. Cuando la relación Ca/Mg se hace muy alta, las plantas absorben menos magnesio, la deficiencia de magnesio también puede provenir de altas dosis de potasio o nitrógeno en forma de amonio. También expone que las deficiencias de magnesio ocurren con mayor frecuencia en suelos de textura gruesa y suelos ácidos desarrollados bajo alta
10 pluviosidad. Pueden presentarse deficiencias de Mg^{++} en suelos arenosos o en suelos con altos contenidos de amonio (NH_4^+) o altas dosis de potasio (K).

Los síntomas de deficiencia de magnesio aparecen primero en las hojas viejas de la planta, debido a la alta movilidad del elemento dentro de esa planta. Se presentan inicialmente como una leve decoloración amarillenta, pero las
15 nervaduras permanecen verdes. En algunos cultivos, a medida que la deficiencia progresa se desarrolla un color rojizo-purpura, pero las nervaduras continúan todavía de color verde.

Estos síntomas de deficiencia de magnesio dan como resultado el desarrollo de una clorosis lo cual no es sorprendente debido a que es un constituyente de la
20 clorofila.

COBRE, HIERRO, MANGANESO Y ZINC

Las deficiencias de micronutrientes en los cultivos agrícolas deben ser corregidas antes de que aparezcan, preferentemente deben aplicarse micronutrientes mezclados con una fuente de nitrógeno, porque los resultados
25 son mejores. Los micronutrientes tienen un papel importante en la división celular, la formación de la fruta, metabolismo de los carbohidratos, proteína, etc. En particular la deficiencia de un micronutriente se explica a continuación:

HIERRO

La deficiencia de hierro en los micronutrientes en los cultivos agrícolas se aprecia con claridad en suelos calcáreos, principalmente en cítricos, granos, frijoles, frutas, frutos secos y céspedes. Su baja cantidad en el suelo tiene una baja producción de clorofila.

- 5 El síntoma más importante de la deficiencia de hierro va a ser un cambio visual en la planta. La clorosis de las hojas es un amarillamiento de las hojas. El color amarillento asociado con la deficiencia de hierro por lo general comienza en las puntas y progresa hacia el interior, dejando vetas verdes. Este patrón de cambio es clave en la determinación de que el hierro es deficiente. Otra escasez
- 10 produce cambios de color que afectan a las hojas y las venas, y la decoloración se produce de manera más uniforme y casi toda a la vez. La clorosis atacará a un nuevo crecimiento en primer lugar, y si no se trata se trasladará a las hojas viejas.

- Otros síntomas de la deficiencia de hierro más comunes están el crecimiento
- 15 pobre y la pérdida prematura de las hojas. Estos también son síntomas comunes de otras enfermedades, y son el resultado directo de la mala nutrición. Asimismo estos problemas pueden producirse cuando otros minerales están bajos, o si se ha producido exceso de riego. Es cuando se presentan estos síntomas junto con clorosis de las hojas que se puede hacer un diagnóstico de la deficiencia de
- 20 hierro.

- Una deficiencia de hierro es rara vez el resultado de la escasez de hierro en el suelo. En cambio, más comúnmente es resultado de la mala absorción de hierro provocada por las difíciles condiciones del suelo. Entre los problemas más comunes están el pH del suelo demasiado alto, arcilla excesiva o fósforo en el
- 25 suelo, o simplemente el exceso de agua y compactación. La disminución de fósforo utilizando un fertilizante bajo en fósforo traerá un mejor equilibrio en el suelo y ayudará a mejorar la absorción de la planta de hierro.

Si el pH del sustrato sobrepasa los 6,5, el hierro se hace insoluble, esto dificulta la adecuada absorción por la planta y resulta en deficiencias. El pH del sustrato

se puede reducir acidificando el agua de riego o usando un fertilizante con una acidez potencialmente alta. Puesto que puede tomar algunas semanas corregir el problema, se puede usar el hierro quelado para acelerar el reverdecimiento de las plantas.

5 **ZINC**

Zinc (Zn) es uno de los micronutrientes esenciales para las plantas, aunque es necesario en pequeñas cantidades, es crucial para su desarrollo.

La deficiencia de zinc es probablemente la deficiencia de micronutrientes más común en los cultivos en todo el mundo, dando lugar a importantes pérdidas en los rendimientos de cultivos.

Suministros inadecuados de zinc pueden resultar en una reducción significativa en el rendimiento de los cultivos y en su calidad. De hecho, el rendimiento puede incluso reducirse en más del 20 % antes de que ocurran síntomas visuales de deficiencia.

En las plantas, el zinc es un componente clave de muchas enzimas y proteínas, tiene un papel importante en una amplia gama de procesos, tales como la producción de la hormona de crecimiento y el alargamiento de entrenudos.

La movilidad de zinc en las plantas varía dependiendo de su disponibilidad en el suelo. Cuando la disponibilidad de zinc es adecuada es fácilmente transportado desde las hojas maduras a las hojas más jóvenes, mientras que cuando el zinc es deficiente, el movimiento de zinc a partir de las hojas más maduras a las más jóvenes se retrasa.

Las deficiencias de zinc aparecerán inicialmente en las hojas medias. Esta carencia incluye uno o algunos de los siguientes síntomas: Un retraso en el crecimiento - reducción de la altura, clorosis y manchas marrones en las hojas superiores, principalmente.

En dicotiledóneas se observa hojas pequeñas y arrosetadas con las puntas a menudo blancas y el crecimiento general de la planta es retardado.

En trigo, sorgo y maíz se presentan típicos puntos amarillo-blanquecinos que luego se convierten en franjas a lo largo de las nervaduras y pueden presentar una coloración rojiza como manchas.

En frutales ocurre un entorchado de las hojas (roseta) debido a internodios
5 cortos. El crecimiento de las ramas es inhibido, los brotes jóvenes mueren y las hojas se caen prematuramente.

El contenido de zinc en suelos no contaminados está entre 10 – 80 mg kg⁻¹. En suelo arenosos el contenido de zinc es más bajo que en suelos limosos. El zinc disponible en la solución del suelo es adsorbido y fijado especialmente por la
10 materia orgánica del suelo, además es adsorbido por los óxidos de hierro, aluminio y manganeso o fijado en la red de minerales arcillosos y silicatos. Una fijación adicional del zinc ocurre cuando el contenido de sulfatos, fosfatos y principalmente acetatos en la solución del suelo es alto.

MANGANESO

15 Tanto el manganeso como el hierro son importantes en la fotosíntesis para la formación de clorofila en procesos de oxidación-reducción, en la respiración y participación en mecanismos enzimáticos. El manganeso es absorbido activamente por la planta como Mn⁺². Si en el ambiente suelo-raíz existen altas concentraciones de formas iónicas como potasio, calcio, magnesio, cobre y zinc,
20 su velocidad de absorción disminuye.

Entre sus principales funciones se tiene la actuación como donador de electrones para la clorofila activada, en la síntesis de clorofila y en la formación, multiplicación y funcionamiento de cloroplastos. Participa en procesos de oxidación-reducción, reacciones de descarboxilación e hidrólisis. Es requerido en
25 mecanismos enzimáticos para las reacciones involucradas en el ciclo del ácido cítrico. Actúa como activador enzimático en la respiración y el metabolismo del nitrógeno.

La deficiencia de manganeso se manifiesta en las hojas jóvenes, porque es un elemento inmóvil dentro de la planta. Los síntomas son muy similares a la

deficiencia de hierro, con clorosis en hojas jóvenes y en algunas plantas pueden aparecer moteados cloróticos.

COBRE

El cobre es uno de los micronutrientes en los cultivos agrícolas más necesarios para la formación de clorofila. Las altas temperaturas y altos niveles de humedad son desfavorables para la liberación de cobre por la materia orgánica del suelo.

El cobre reacciona con la materia orgánica a compuestos que no son disponibles para las plantas inmediatamente. En suelos con alto contenido de materia orgánica las deficiencias de cobre aumentan y la fertilización debe realizarse anualmente.

Existe incompatibilidad cuando son mezcladas fuentes de cobre con fertilizantes. Las formas insolubles de cobre pueden mejorar su solubilidad cuando incorporan abonos granulados (NPK en grano). Fosfatos de amonio presentes en los abonos líquidos, reaccionan con sulfato de cobre para formar compuestos insolubles.

Existen diferentes formulaciones para aplicar cobre en los cultivos:

- Sulfato de cobre: Entre un 20 % y un 25 % de cobre metal. Debido a su estructura, es el cobre más persistente, pero también es el más fitotóxico ya que el tamaño de partícula es muy pequeña y se puede ver arrastrada más fácilmente al interior de las células vegetales

- Oxiclорuro de cobre: 50 % de cobre metal, posee poca adherencia y persistencia y, por lo tanto, es menos fitotóxico.

- Óxido cuproso: Es el cobre de color rojo, posee entre 50 y 80 % de cobre metal, una buena eficacia y una alta persistencia. Tiene mayor resistencia al lavado.

- Hidróxido de cobre: 50 % de cobre metal. Rápida liberación de los iones de cobre, tiene efecto de choque y una buena eficacia pero una baja persistencia.

Existen en el mercado otros compuestos que contienen cobre en porcentajes bajos y quelatados (el metal se envuelve en una molécula orgánica). Estos

productos se venden como correctores de carencias de cobre en los cultivos, y muchos de ellos son productos autorizados para el cultivo ecológico

En el estado de la técnica se han localizado documentos que presentan diversas composiciones de fertilizantes que aportan potasio, calcio, magnesio, hierro,
5 zinc, manganeso y cobre a las plantas, pero no en la forma de acetatos, como la presente invención.

La invención más cercana localizada en el estado de la técnica es la publicación WO2012/175759 A1 , titulada con el nombre de compuesto fertilizante para
10 aumentar el contenido de calcio de las plantas y mejorar su conservación. El compuesto fertilizante de dicha invención consiste en un preparado líquido, con un elevado contenido en calcio, complejoado por lignosulfonatos y ácidos orgánicos de bajo peso molecular y potenciado por la sustancia menadiona sodio bisulfito. El formulado líquido es soluble en agua y permite ser utilizado vía radicular por diversos tipos de riego.

15 De acuerdo a la revisión del estado de la técnica, los esfuerzos para suministrar calcio en un fertilizante se han incrementado en virtud de la complicación que representa la escasa solubilidad del calcio en agua, que en los fertilizantes líquidos puede causar problemas de obstrucción en los sistemas de riego, por ejemplo, en riego por goteo.

20 Las patentes de Estados Unidos, EEUU, 5395418, EEUU,5171349, EEUU.6312493 Y EEUU.5997602, presentan propuestas que intentan resolver dicha problemática.

Particularmente, la patente EEUU.5997602 describe un fertilizante en suspensión acuosa que presenta un pH en el intervalo de 0.5 a 2 , es decir se
25 presentan formulaciones con una alta acidez.

También la patente de EEUU, 5851260 proporciona fertilizantes en suspensión con un pH en el intervalo de 2 a 7 y un tamaño de partícula menor a 50 mieras, preferentemente de 0.2 a 20 mieras.

La invención WO 2012/175759 A1 , que se refiere a una formulación de un compuesto fertilizante adecuado para que las plantas aumenten su capacidad de absorción de calcio, se compone principalmente de nitrato de calcio (45.0-62.0%) y lignosulfonato de calcio (8.0-14.0%)

5 En dicha invención, el nitrato de calcio es la principal fuente de calcio del formulado y los aminoácidos son los componentes que estimulan la penetración de calcio a través de las raíces absorbentes de la planta. Sin embargo existe un problema con esa invención, ya que es ampliamente conocido que el nitrato de calcio es la fuente mayoritaria de fertilización cálcica, y que es una sal que
10 presenta una contaminación en la forma del complejo $(6(N-03))_2Ca$. N_3NH_4 , y el amonio que aporta limita la absorción del ion calcio a la planta. A diferencia de la presente invención a base de acetato de calcio, que está exenta de nitratos, sulfatos y cloruros, que presenta entre otras ventajas, lo referente a un pH ácido.

15 La invención de Japón con número PCT/JP2000/007419 proporciona el uso de cloruro de potasio para su uso como fertilizante, al igual que la patente internacional WO97/21656.

La patente china CN101591120 SB, que se refiere a una mezcla de medicamento – fertilizante, para prevenir y controlar enfermedades virales de los
20 cultivos, dicha mezcla contiene principalmente hidrocloreuro de guanidina, calcio, manganeso y sales de cobre. El producto puede contener acetato de potasio como un aditivo.

La publicación internacional WO2013/076345 A1, se refiere a un fertilizante y método de obtención a partir de una fuente mineral que es rica en óxidos de
25 calcio, magnesio y carbonatos totales.

La invención PCT/MX2007/000157 se refiere a un fertilizante líquido de origen orgánico y mineral donde se utiliza sábila y ácido húmico como fuente de materia orgánica, al cual se le han adicionado los micronutrientes hierro, zinc, cobre, manganeso, boro, calcio y magnesio en forma de compuestos solubles, además

de un agente quelante y un tensoactivo para hacer que los nutrientes sean más asimilables para los cultivos. La invención consiste en un fertilizante orgánico-mineral líquido, cuya base orgánica es extracto de sábila y/o el ácido húmico; y la mineral se conforma de diversas sales adicionadas para que el fertilizante
5 contenga los micronutrientes esenciales para todo tipo de suelo (hierro, zinc, cobre, manganeso, boro, calcio y magnesio). Además, contiene un agente quelante y un tensoactivo para mejorar la asimilación de los nutrientes por los cultivos.

La invención WO 2004035507 A1 consiste en un fertilizante granulado que
10 contiene hierro (11 a 13%), zinc (3 a 9%), manganeso (0.1 a 2.5%), cobre (0.5 a 0.7), en forma de sulfatos, así como molibdato de amonio (0 a 0.1%) y una arcilla Caolinita(45 a 57%), o una mezcla entre ellas en cualquier proporción. Todos los porcentajes peso están basados en el peso total del fertilizante

La solicitud de patente WO 2012/129487 A2: "Fertilizer composition
15 incorporating fibrous material forenhanced particle integrity", protege una composición de un fertilizante y un método para su producción. La composición del fertilizante comprende: (a) un material en base a fosfato, (b) al menos un micronutriente y un nutriente secundario, (c) y un material fibroso (lodos de papelera o de celulosa) que permiten aumentar la fuerza granular, previniendo el
20 desgaste y la formación de polvo durante el almacenamiento, transporte y manejo.

La solicitud WO2010130276 A1: "Method and device for producing solid-like, biodegradable fertilizer or soil-loosening agents from municipal and/or industrial
25 sludge", resguarda un método para producir un fertilizante sólido biodegradable a partir de lodos provenientes de residuos municipales, de la industria de alimentos y/o de la industria del papel, además de la adición de sustancias alcalinas.

La baja eficiencia de los fertilizantes de rápida liberación, obliga a un empleo desmesurado en relación a la fracción necesaria y que es asimilable por la

planta. Esto conlleva un incremento de los costes de producción de la explotación agrícola y un mayor impacto medioambiental, por transferencia de los materiales solubles por drenaje, al subsuelo y a las capas freáticas, es decir a las reservas de agua subterránea. Este efecto de lixiviación, aleja los
5 componentes solubles del fertilizante del espacio de acción radicular de la planta, disminuyendo así la eficacia del mismo.

Se han propuesto en las últimas décadas muy diversas soluciones a la rápida liberación de micronutrientes de los fertilizantes. Por una parte, se han obtenido productos a los que, en su proceso de fabricación o mezcla, se les incorporan o
10 recubren con productos orgánicos insolubles en agua, que actúan a modo de barrera para evitar la rápida liberación de los componentes activos.

Estos productos orgánicos pueden ser muy diversos como por ejemplo, resina epoxídicas como se describen en las patentes EP 0716057, US 3259482 ó US 3264088 (con tiempos de curado excesivamente altos); recubrimientos de
15 emulsiones óleo-acuosas, comúnmente ceras, como se describe en la patente EP 0592579; recubrimientos con isocianatos y poli-isocianatos, como se describe en la patente EP 0948474. Todos estos recubrimientos orgánicos, aunque como premisa son todos bio-degradables, son productos externos al sistema suelo-planta. Además por su concepto de uso, la inclusión de este
20 producto en el fertilizante, resta la cantidad de componente activo en el mismo, donde en ocasiones por motivos de la climatología donde va a ser utilizado, por resistencia mecánica del granulo etc., no alcanzan ni el 50% de componentes asimilables por la planta.

25

OBJETO DE LA INVENCION

Un objeto de la presente invención proporcionar formulaciones de fertilizantes que aporten potasio, calcio, magnesio, hierro, zinc, manganeso y cobre.

Otro objeto de la invención es proponer un fertilizante capaz de incrementar la capacidad de absorción de potasio, calcio, magnesio, hierro, zinc, manganeso y cobre por parte de las plantas a las que se aplica.

- 5 Otro objeto es proporcionar un fertilizante que aporte micronutrientes mantenga soluciones estables a largo plazo, a fin de no formar precipitados que pudieran obstruir los equipos de aplicación.

10 Es también objeto de la presente invención un procedimiento para la obtención de una composición o producto fertilizante que combina condiciones de temperatura y pH determinadas, que evitan la desnaturalización de los principios activos durante su procesamiento hasta la obtención del producto fertilizante de la presente invención.

15 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

Las características y ventajas de los ejemplos de la presente divulgación resultarán evidentes con referencia a la siguiente descripción detallada y dibujos, en los que los números de referencia similares corresponden a componentes
20 similares, aunque quizás no idénticos:

La figura 1 es una grafica de correlación contenido de ca vs mg en arándano.

La figura 2 es una grafica de correlación contenido de Ca Vs Mn en Arándano

La figura 3 es una grafica de correlación contenido de Mg Vs Mn en Arándano

La figura 4 es una grafica de correlación contenido de K Vs Fe en Arándano

25 La figura 5 es una grafica de correlación contenido de Zn Vs Fe en Arándano

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

- La presente invención describe fertilizantes a base de acetatos de potasio, calcio, magnesio, hierro, zinc y manganeso, referido a fertilizantes de elevada eficiencia que se definen como productos con características físico-químicas que minimizan el potencial de pérdidas de nutrientes hacia el medio ambiente, sin
- 5 inmovilización en suelos y sustratos agrícolas, con la particularidad de que además no sufriendo disociación química por parte del agua de riego son absorbidos rápidamente vía simplasto y vía apoplasto superando la banda caspary radicular al interior del xilema vascular y trasladándose mayoritariamente a órganos foliares y frutos.
- 10 Es un propósito de la presente invención proporcionar formulaciones de fertilizantes que, aporten potasio, calcio, magnesio, hierro, zinc, manganeso y cobre con eficiencia mejorada en su método de obtención y que mantengan el suelo en forma estable y eficiente en un contenido nutricional.
- 15 La presente invención se refiere a un nuevo producto para uso en la agricultura, que combina un máximo rendimiento en el cultivo con el mínimo impacto ambiental, permite reducir las dosis de unidades fertilizantes y se puede incorporar el suelo mediante fertirrigación, en riego por aspersión o en riego por goteo.
- 20 En una realización preferente, el fertilizante descrito anteriormente puede contener los siguientes componentes:
- Acetato de potasio-----1.0 al 40.0%;
 - Acetato de calcio ----- 1.0 al 40.0%;
 - 25 • Acetato de magnesio----- 1.0 al 40.0%;
 - Acetato de hierro----- 1.0 al 40.0%;
 - Acetato de zinc----- 1.0 al 40.0%;
 - Acetato de manganeso ---- 1.0 al 40. 0%;
 - Acetato de cobre----- 1.0 al 40.0%;

- Bicarbonato de potasio ----- 0.01 al 0.05%;
- Bicarbonato de calcio ----- 0.01 al 0.05%;
- Bicarbonato de magnesio----- 0.01 al 0.05%;
- Bicarbonato de hierro----- 0.01 al 0.05%;
- 5 • Bicarbonato de zinc-----0.01 al 0.05%;
- Bicarbonato de manganeso---- 0.01 al 0.05%;
- Bicarbonato de cobre----- 0.01 al 0.05%;
- Ácido acético ----- 0.1 al 1.0%;
- Agua ----- 81.0 al 83.5%.

10 **POTASIO**

En el fertilizante de la presente invención el potasio llega a las raíces de las plantas por transporte en la solución del suelo y su concentración determina cuanto potasio alcanza las raíces en un momento dado.

- Es deseable que el fertilizante de la presente invención aporte potasio y
- 15 mantenga una buena estabilidad a largo plazo en las soluciones madre, a fin de no formar precipitados que puedan obstruir los equipos de pulverización, dosificadores y líneas de riego.

En una realización preferente, el fertilizante descrito anteriormente puede contener los siguientes componentes:

- 20
- Acetato de potasio ----- 10.0 a 40.0%
 - Bicarbonato de potasio ----- 0.05 a 0.10%
 - Ácido acético ----- 0.1 a 1.0%
 - Agua ----- 58.0 a 83.5%

- La composición de la presente invención es ventajosa si se considera que el
- 25 potasio (K) es uno de los elementos esenciales en los vegetales, generalmente se asimila en forma de acetato de potasio y en movimiento dentro de las plantas y se halla principalmente en el citoplasma y en las vacuolas celulares.

Antagonismos

El antagonismo consiste en que el aumento por encima de cierto nivel de la concentración de un elemento reduce la absorción de otro. Estos antagonismos dependen, entre otros factores, del tamaño del ion hidratado y de su carga. Ejemplos: NH_4^+ , K^+ , $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ y K^+ , $\text{Cl}^-/\text{NO}_3^-$. Quizá el elemento más preocupante en suelos calizos sea el Ca, que es antagonista con multitud de elementos. También un exceso de abonado nitrogenado vemos que impide una correcta asimilación del K y del cobre.

sin embargo la presente invención como de muestra en las figuras 1 a 5 presenta sinergia de estos elementos.

10 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+} = 1.55 \text{ mEq/L}$

$\text{K}^{2+}/\text{Ca}^{2+} = 0.17 \text{ mEq/L}$

$\text{K}^{2+}/\text{Mg}^{2+} = 0.25 \text{ mEq/L}$

El potasio, al estar cargado positivamente, es un estabilizador de moléculas cargadas negativamente, como los ácidos nucleicos y las proteínas.

15 El K^+ muestra una alta movilidad en las plantas, traslocándose desde la raíz a parte aérea de unas hojas a otras, pero se acumula en la vacuola celular, permitiendo movimientos de la planta, tales como la apertura y cierre de las estomas y el movimiento de las hojas.

En la composición de la presente invención, el K^+ también es considerado un osmolito compatible que contribuye al mantenimiento del estado hídrico de la planta, lo que es fundamental en la compensación de la mayoría de los estreses abióticos.

También el K^+ es necesario para completar muchas de las reacciones metabólicas vegetales por su capacidad de activar numerosas enzimas

25 Uno de los factores importantes que regulan las relaciones del estado nutricional del K^+ , es la forma química en que se encuentra el nitrógeno (N) del medio, ya sea predominantemente como NH_4^+ o como NO_3^- .

Ambos iones, el K^+ como NH_4^+ poseen carga positiva y otras similitudes que hace que ambos cationes compitan, y que la nutrición de K^+ se vea afectada

por NH_4^+ elevado, y al contrario, aumentando la concentración externa de K^+ se pueden disminuir los efectos tóxicos del NH_4^+ .

Por consiguiente, un objetivo de la presente invención es el de proveer el K^+ sin la presencia del NH_4^+ , para satisfacer la demanda de la planta. Amonio y potasio en solución de fosfatos alteran el pH y no permiten una solubilidad adecuada a los iones de sales minerales, dando lugar a la precipitación de dichas sales minerales en la solución de reserva, y pueden obstruir los equipos de aplicación.

CALCIO

- 10 El fertilizante de la presente invención permite incorporación del acetato de calcio al suelo, facilita la movilización de otros elementos como el potasio. Los iones calcio (Ca^{+2}) son de mayor tamaño que los de potasio (K^+) por lo que al entrar el calcio a la solución del suelo favorece la liberación del K^+ hacia dicha solución del suelo, haciéndolo disponible para la planta.
- 15 La fuente de calcio a partir del acetato de calcio evita la permanencia de restos aniónicos que pudiera generar sales no deseados y mantiene el suelo con pH ácido.

En una realización preferente, el fertilizante descrito anteriormente puede contener los siguientes componentes:

- 20
- Acetato de calcio ----- 10.0 a 40.0%
 - Bicarbonato de calcio ----- 0.01 al 0.05%
 - Ácido acético ----- 0.5 a 1.0%
 - Agua ----- 58.0 a 83.5%

La presente invención presenta el reto de utilizar un fertilizante con mayor eficiencia y un sistema de manejo integrado de la producción.

Se propone un fertilizante destinado a aumentar el contenido en calcio de la planta en virtud de que el formulado es absorbido por las raíces y sin apenas adsorción por parte de los complejos arcillo húmicos todos ellos con carga

electronegativa y con facilidad de realizar la translocación del calcio en el interior de la planta.

Las plantas a través de sus raíces toman el calcio del suelo en forma iónica y su absorción depende de factores exógenos y endógenos. Entre los primeros
5 destacan los del suelo; contenido de agua, pH, grado de aireación, temperatura, concentración de Ca^{++} y proporción de otros elementos.

De los factores endógenos merecen señalarse los relacionados con la pared celular, respiración, fotosíntesis, transpiración y efectos específicos de otros iones.

- 10 A partir del fertilizante de la presente invención, la toma de calcio y su distribución por los distintos órganos de una planta se incrementa a medida que lo hace la tasa de transpiración. Por el contrario, la inhibición de esta transpiración disminuye la translocación del calcio, especialmente a los brotes apicales y a los frutos, aunque también puede hacerlo al resto de la planta .
- 15 El transporte de calcio es casi exclusivo por los vasos del xilema, mientras que el potasio y magnesio son transportados , principalmente por el floema.

MAGNESIO

Es un propósito de la presente invención proporcionar formulaciones de fertilizantes que, aporten magnesio con eficiencia mejorada en su método de
20 obtención y que mantengan el suelo en forma estable y eficiente en un contenido nutricional.

Es deseable que el fertilizante de la presente invención aporte magnesio y mantenga soluciones estables a largo plazo, a fin de no formar precipitados que pudieran obstruir los equipos de aplicación.

- 25 En una realización preferente, el fertilizante descrito anteriormente puede contener los siguientes componentes:
- Acetato de magnesio ----- 10.0 a 40.0%
 - Bicarbonato de magnesio -----0.01 al 0.05%
 - Ácido acético ----- 0.5 a 1.0%

- Agua ----- 58.0 a 83.5%

HIERRO

Las plantas usan diversos mecanismos para absorber el hierro. Uno de ellos es el mecanismo de quelación, donde la planta excreta compuestos llamadas sideróforos, que forman un complejo con el hierro y aumentan su solubilidad.

Otro mecanismo implica la extrusión de protones (H^+) y de compuestos reductores por las raíces de la planta, para reducir el pH en la zona de raíces. El resultado es un aumento en la solubilidad del hierro.

En este sentido, la elección de la forma de los fertilizantes nitrógenados es importante. El nitrógeno amoniacal (NH_4^+) aumenta la extrusión de los protones por las raíces, el pH baja, y el hierro se absorbe mejor por la planta.

El nitrógeno nítrico (NO_3^-) aumenta la extrusión de iones de hidróxido, que aumentan el pH en la zona de raíces y contrarrestan la absorción eficiente de hierro.

Las raíces laterales jóvenes son más activas en la absorción de hierro y, por lo tanto, es imperativo mantener un sistema de raíces sano y activo. Cualquier factor que interfiera con el desarrollo de las raíces, interfiere con la absorción del hierro.

El hierro puede ser aplicado como sulfato ferroso o en una forma quelatada, por ejemplo el sulfato ferroso ($FeSO_4$) contiene aproximadamente un 20% de hierro y es un fertilizante utilizado principalmente para pulverización foliar.

No es recomendable aplicar en pH superior a 7.0, porque el hierro se transforma rápidamente a Fe^{3+} y se precipita como uno de los óxidos de hierro.

Los quelatos de hierro son compuestos que estabilizan los iones metálicos y los protegen de la oxidación y de precipitación. Estos compuestos se adhieren o pegan al hierro férrico y este complejo fitoquelato- $Fe(III)$ es soluble, gracias a las características únicas de estos agentes queladores. Una vez que el compuesto ha sido formado, es soluble y móvil en el suelo.

Los quelatos de hierro consisten al menos de tres componentes: Iones de Fe^{3+} , un complejo como el EDTA, DTPA, EDDHA, aminoácidos, ácidos húmicos-fúlvicos, citrato, iones de sodio (Na^+) o de amonio (NH_4^+).

Distintos quelatos varían en su fortaleza y estabilidad en los diferentes niveles de pH. También varían en su susceptibilidad al desplazamiento del hierro por iones competitivos, tal como se presenta el fertilizante de la invención.

Como la realización preferente en el contenido de hierro, el fertilizante descrito anteriormente puede contener los siguientes componentes:

	• Acetato de hierro-----	10.0 a 40.0%
10	• Bicarbonato de hierro -----	0.01 al 0.05%
	• Ácido acético -----	0.5 a 1.0%
	• Agua -----	58.0 a 83.5%

ZINC

La disponibilidad de zinc es fuertemente influenciado por el pH y su contenido total en el suelo. La cantidad de zinc intercambiable disminuye con el aumento del pH y es muy bajo a partir de un pH 6.0. Con la presencia de acetatos de zinc la afinidad de este aumenta considerablemente contra los óxidos de hierro y manganeso.

En el fertilizante de la presente invención, la planta absorbe iones de zinc de la solución del suelo principalmente como Zn^{2+} e hidróxido de zinc (en pH altos). El suministro de zinc para la planta es normalmente seguro en suelos con un pH < 6, debido a que la disponibilidad del zinc aumenta con la disminución del pH. No obstante la absorción de zinc se reduce con bajas temperaturas y en presencia de inhibidores metabólicos.

La absorción del zinc por la raíz se ve influenciada por otros elementos, como calcio, magnesio, hierro, manganeso y cobre (antagonismo). Sin embargo, el antagonismo de absorción más documentado es el que presenta en situaciones de exceso de fósforo.

La movilidad del zinc dentro de la planta es muy baja. En las hojas viejas, es bastante inmóvil y se transloca con dificultad a los tejidos en crecimiento, sobre todo en plantas con deficiencia. Cuando los aportes de zinc son altos, suele acumularse en los tejidos de la raíz.

- 5 Es un componente esencial de la enzima RNA polimerasa responsable por la catalización de la síntesis del RNA influyendo así la formación de proteínas. Como componente de las enzimas, el zinc cataliza la síntesis de la fructosa-6-fosfato, la cual es un importante metabolito de la glicólisis y por lo tanto de la fotosíntesis.
- 10 Es esencial para estabilidad de los ribosomas. Se requiere en la síntesis del ácido indol-3 acético a partir del triptófano, el cual es importante para regular el crecimiento de la planta, además activa de forma específica la enzima glutámico deshidrogenada que está relacionada con la asimilación del amonio (NH_4).
- 15 Como la realización preferente en el contenido de zinc, el fertilizante descrito anteriormente puede contener los siguientes componentes:
- Acetato de zinc ----- 10.0 a 40.0%;
 - Bicarbonato de zinc ----- 0.01 al 0.05%;
 - Ácido acético ----- 0.5 a 1.0%;
 - Agua ----- 58.0 a 83.5%.

20 **MANGANESO**

El aporte de manganeso por el fertilizante de la presente invención produce permeabilidad de membranas, incremento en la absorción de nutrientes y por consiguiente aumento en las cosechas.

Como la realización preferente en el contenido de manganeso, el fertilizante

- 25 descrito anteriormente puede contener los siguientes componentes:
- Acetato de manganeso ----- 10.0 a 40.0%
 - Bicarbonato de manganeso ----- 0.01 al 0.05%
 - Ácido acético ----- 0.5 a 1.0%
 - Agua ----- 58.0 a 83.5%

COBRE

En la presente invención la absorción de Cu se realiza como acetato de cobre por la raíces de las plantas, así como complejos solubles de cobre. El Cu es necesario en numerosos procesos bioquímicos tales como reacciones redox que
5 generalmente dependen del cambio de valencia del ion. Además también hace parte de varias enzimas que influyen la fotosíntesis y el metabolismo de carbohidratos y del nitrógeno.

El Cu un protector tradicional de contacto, su aplicación forma una lámina superficial de protección que evita que las esporas de los hongos y las bacterias
10 se establezcan y se desarrollen. Penetra dentro de los tejidos de las plantas. Su efecto es preventivo, no cura las partes afectadas de las plantas y no impide el desarrollo de la enfermedad una vez el hongo se ha implantado en la planta.

Tiene un amplio campo de actividad ya que ataca a un buen número de hongos diferentes y tiene buena persistencia, al ser partículas minerales y no
15 biodegradables a corto plazo, pueden permanecer activas mucho más tiempo.

El acetato de cobre si penetra y tiene movilidad vía floema y vía xilema.

Formulaciones de cobre se recomiendan para tratamientos fungicidas preventivos de antracnosis, alternariosis, moniliosis y otros hongos, exceptuando los oidios.

20 En una realización preferente en el contenido de cobre, el fertilizante descrito anteriormente puede contener los siguientes componentes:

- Acetato de cobre ----- 10.0 a 40.0%
- Bicarbonato de cobre ----- 0.5 a 1.0%
- Ácido acético ----- 0.5 a 1.0%
- 25 • Agua ----- 58.0 a 83.5%

El procedimiento de obtención del fertilizante líquido descrito en la presente invención, incluye las siguientes etapas:

- I. Mezclar piedra natural de: potasio, y/o calcio, y/o hierro, y/o zinc, y/o manganeso y/o cobre; y/o carbonato de: potasio, y/o calcio, y/o hierro, y/o zinc, y/o manganeso y/o cobre; y/o oxisales de: potasio, y/o calcio, y/o hierro, y/o zinc, y/o manganeso y/o cobre, con agua gradualmente, con agitación continua, preferentemente a 400 RPM, enfriamiento entre 5 y 8 °C. Esta operación puede durar hasta 12 horas.
5
- II. Adicionar ácido acético (CH_3COOH) o vinagre a la mezcla anterior, de manera uniforme, preferentemente en forma de gotas, con agitación continua a fin de lograr la reacción entre los compuestos para formar acetato de potasio, y/o calcio, y/o hierro, y/o zinc, y/o manganeso y/o cobre, además, obtener dióxido de carbono (CO_2). Preferentemente enfriar la mezcla entre 5 y 8 °C. El ácido acético o vinagre se adicionará hasta obtener un pH entre 4.6 y 4.8, preferentemente 4.7.
10
- III. Recircular el dióxido de carbono (CO_2) formado por la reacción entre el carbonato de potasio, y/o calcio, y/o magnesio, y/o hierro, y/o zinc, y/o manganeso, y/o cobre con el ácido acético o vinagre. El dióxido de carbono producido es recirculado e incorporado a la reacción para formar bicarbonato y de esa forma incrementar la riqueza del acetato.
15
- IV. Decantar o centrifugar la mezcla obtenida después de la reacción durante 24 horas. En esta etapa el carbonato de potasio, y/o calcio, y/o magnesio, y/o hierro, y/o zinc, y/o manganeso y/o cobre que no reaccionó se precipitará al fondo del reactor y el(los) acetato(s) obtenido(s) quedará(n) en forma de solución. De acuerdo al método preferente, la solución obtenida se expone a la acción de una centrífuga vertical para separar los sólidos en suspensión.
20
25
- V. Recoger la solución obtenida de acetato(s) y demás componentes del fertilizante de la presente invención, a partir del producto decantado. Preferentemente dicha solución se debe adecuar hasta la temperatura ambiente previo su envasado.

- VI. Reutilizar el producto resultante de la parte insoluble de la mezcla, en la siguiente operación del reactor, a fin de hacer más eficiente el procedimiento de obtención del fertilizante.
- VII. Modificar la atmósfera durante el envasado extrayendo el oxígeno del ambiente del envase para evitar la generación espontánea de *micoderma aceti*.

PRUEBAS

Los experimentos se desarrollaron por el Dr. Carlos Alfonso López Orona en el Invernadero de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, con ubicación en el kilómetro 17.5 de la carretera Culiacán-Eldorado, Culiacán, Sinaloa, cuyas coordenadas geográficas son: 24°37'30.3"N 107°26'34.3"W

El invernadero es de tipo multitúnel, con plástico transparente, en la parte inferior cuenta con malla antiáfidos.

- 15 Se realizó un diseño experimental con distribución de los tratamientos completamente al azar. Los tratamientos fueron los siguientes: A= fertilización convencional y B= fertilización con fertilizantes líquidos quelatados. Cada tratamiento constó de 10 plantas como unidad experimental útil, con 5 repeticiones, dando un total de 50 plantas evaluadas por tratamiento.
- 20 **Tratamiento A.** Fertilización convencional. Se utilizaron fertilizantes solubles grado fertirriego: nitrato de potasio, nitrato de calcio, fosfato monoamónico, fosfato monopotásico, sulfato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de amonio y mezcla de micronutrientes. Se manejó la dosis recomendada para la zona (Leal-Rodríguez comunicación personal 2020).
- 25 **Tratamiento B.** Fertilización con acetatos. Se utilizaron fertilizantes solubles grado fertirriego: nitrato de amonio, sulfato de potasio, sulfato de amonio, sulfato de potasio, sulfato de amonio, sulfato monopotásico, mezcla de micronutrientes y se agregaron fertilizantes quelatados de calcio, potasio y magnesio.

COMPARACIÓN DEL RENDIMIENTO

Tratamiento	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Convencional	10	25.400	199.770	124.190	63.866
Quelatos	10	87.300	220.400	140.801	47.950

5

COMPARACIÓN DEL PESO

Tratamientos	Observaciones	Mínimo.	Máximo.	Media	Desv. típica
Convencional	852	0.200	1.3	0.528	0.171
Peso					

10	Quelatos	852	0.200	1.9	0.658	0.213
	Peso					

GRADOS BRUX DE TOMATE

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Acetatos	913	1.00	7.5	5.30	1.436
15 Convencional	1155	0.50	7.1	4.59	1.208

Si bien solo algunas características de la invención se han ilustrado y descrito en el presente documento, los expertos en la técnica tendrán muchas modificaciones y cambios. Por lo tanto, debe entenderse que las reivindicaciones
20 adjuntas están destinadas a cubrir todas las modificaciones y cambios que caen dentro del verdadero espíritu de la invención.