

MÉTODOS DE CONTROL DE AGENTES CAUSALES DE LA SIGATOKA NEGRA Y AMARILLA Y COMPOSICIONES PARA LOS MISMOS

CAMPO DE LA INVENCION

[0001] Se proporcionan métodos de prevención, control y/o supresión de patógenos fúngicos en plantas, tales como aquellos patógenos que causan la Sigatoka negra y/o la Sigatoka amarilla, y composiciones útiles en dichos métodos.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] La Sigatoka negra, también conocida como raya negra de la hoja, es una enfermedad de manchas foliares que afecta a las plantas de banano, provocando manchas necróticas y, a medida que la enfermedad avanza, grandes parches necróticos en las hojas de las plantas de banano. Estas manchas y/o parches necróticos afectan la capacidad de las hojas afectadas para realizar la fotosíntesis, lo que reduce la cantidad de fruta del banano disponible en el momento de la cosecha entre un 35 y un 50%. Además, la Sigatoka negra puede reducir la “vida verde” (la cantidad de tiempo entre la cosecha y la maduración) de la fruta del banano, lo que puede provocar que la fruta madure prematuramente y/o de manera desigual. Esto puede hacer que la fruta no sea apta para la exportación. Los casos graves de Sigatoka negra también pueden aumentar la susceptibilidad de una planta de banano a desarrollar la pudrición de la corona. El agente causal de la Sigatoka negra es el hongo *Pseudocercospora fijiensis* (anteriormente clasificado como *Mycosphaerella fijiensis*).

[0003] La Sigatoka amarilla, también conocida como mancha foliar de Sigatoka amarilla o enfermedad de la Sigatoka, es una enfermedad de manchas foliares que afecta a las plantas de banano, provocando manchas necróticas y, a medida que avanza la enfermedad, grandes parches necróticos en las hojas de las plantas de banano. Los efectos de estas manchas y/o parches necróticos son similares a los efectos descritos anteriormente con respecto a la Sigatoka negra.

El agente causal de la Sigatoka amarilla es *Pseudocercospora musicola* (anteriormente clasificada como *Mycosphaerella musicola*).

[0004] Los síntomas de la Sigatoka negra y la Sigatoka amarilla pueden ser similares y, en ocasiones, pueden ser difíciles de diferenciar. En general, el primer síntoma es la aparición en la superficie superior de la hoja de rayas de color amarillo pálido (Sigatoka amarilla) o de color marrón oscuro en la superficie inferior de la hoja (Sigatoka negra). Las rayas negras o amarillas pueden tener de 1 a 2 mm de largo y pueden agrandarse para formar lesiones necróticas con halos amarillos y centros de color gris claro. Las lesiones pueden unirse y destruir grandes áreas de tejido foliar, lo que resulta en rendimientos reducidos y maduración prematura de la fruta. La Sigatoka negra suele ser más grave que la Sigatoka amarilla porque los síntomas aparecen en las hojas más jóvenes, lo que generalmente se debe a una mayor cantidad de inóculo y, por lo tanto, causa más daño al tejido fotosintético. La Sigatoka negra también afecta a muchos cultivares de banano que tienen resistencia a la Sigatoka amarilla, como los del subgrupo de banano (AAB).

RESUMEN DE DIVERSAS REALIZACIONES

[0005] Métodos para prevenir, tratar y/o controlar un agente causal de la Sigatoka negra y/o la Sigatoka amarilla. Estos métodos generalmente comprenden aplicar una cantidad eficaz de una composición de tratamiento a una porción de una planta de banano o un cultivo de banano susceptibles al agente causal de la Sigatoka negra o la Sigatoka amarilla. La composición de tratamiento comprende una oxidorreductasa de la forma reducida de nicotinamida adenina dinucleótido (NADH) del complejo 1 o un inhibidor del transporte de electrones mitocondrial que previene la unión de la NADH-ubiquinona reductasa. En algunas realizaciones, la composición de tratamiento comprende diflumentorim, tolfenpirad, fenazaquina o combinaciones de los mismos. En otras realizaciones, la composición de tratamiento comprende piridabén, fenpiroximato,

tebufenpirad, pirimidifén, tolfenpirad, fenazaquina o combinaciones de los mismos. El agente causal es *Pseudocercospora fijiensis* o *Pseudocercospora musicola*.

[0006] En algunas realizaciones, los métodos comprenden seleccionar una planta de banano que se sospecha que tiene Sigatoka negra o amarilla, y luego aplicar la(s) composición(es) de tratamiento descritas en el presente documento. En otras realizaciones, los métodos comprenden seleccionar una planta de banano que incluye al menos una hoja que tiene blanco, amarillo o marrón rojizo en la parte inferior de al menos una hoja o pizcas alargadas o rayas de color marrón rojizo sustancialmente paralelas a las venas de al menos una hoja, y aplicar la(s) composición(es) de tratamiento descritas en el presente documento. En otras realizaciones, los métodos comprenden aplicar composiciones de tratamiento a plantas de banano durante la Etapa 1 o Etapa 2 de una infección por Sigatoka negra y/o amarilla.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0007] Las FIGS. 1A – 1F muestran imágenes representativas de hojas de banano en diferentes etapas de la infección por Sigatoka negra: Fig. 1A (etapa E1), Fig. 1B (etapa E2), Fig. 1C (etapa E3), Fig. 1D (etapa E4), Fig. 1E (etapa E5) y Fig. 1F (etapa E6).

[0008] La FIG. 2 muestra una gráfica de crecimiento de *M. fijiensis* (*Pseudocercospora fijiensis*) tratada con composiciones de tratamiento que comprenden fenazaquina.

[0009] La FIG. 3 muestra una gráfica del porcentaje de inhibición del crecimiento de *M. fijiensis* (*Pseudocercospora fijiensis*) tratado con composiciones de tratamiento que comprenden fenazaquina.

[0010] La FIG. 4 muestra la escala de Stover para la Sigatoka negra.

[0011] La FIG. 5 muestra una gráfica del área foliar afectada en hojas de banano infectadas con *M. fijiensis* (*Pseudocercospora fijiensis*) y tratadas con composiciones de tratamiento que comprenden fenazaquina.

[0012] La FIG. 6 muestra un gráfico del índice de infección por Sigatoka negra en hojas de banano infectadas con *M. fijiensis* (*Pseudocercospora fijiensis*) y tratadas con composiciones de tratamiento que comprenden fenazaquina.

[0013] La FIG. 7 muestra una gráfica del área foliar afectada en hojas de banano infectadas con *M. fijiensis* (*Pseudocercospora fijiensis*) y tratadas con las composiciones de tratamiento descritas en el Ejemplo 5.

[0014] La FIG. 8 muestra un gráfico del índice de infección por Sigatoka negra en hojas de banano infectadas con *M. fijiensis* (*Pseudocercospora fijiensis*) y tratadas con las composiciones de tratamiento descritas en el Ejemplo 5.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE DIVERSAS REALIZACIONES

[0015] Se proporcionan métodos de prevención, control y/o supresión de patógenos fúngicos en plantas de banano, tales como aquellos patógenos que causan la Sigatoka negra o la Sigatoka amarilla, y composiciones útiles en dichos métodos. Los métodos generalmente implican aplicar una composición que incluye al menos una composición de tratamiento que comprende al menos una oxidoreductasa de la forma reducida de nicotinamida adenina dinucleótido (NADH) del complejo 1 o un inhibidor del transporte de electrones mitocondrial que previene la unión de la NADH-ubiquinona reductasa y la liberación de los electrones y protones (H⁺) en la membrana a una planta de banano o un cultivo de banano que incluyen, o son susceptibles a, un agente causal de Sigatoka negra o amarilla, como *P. fijiensis* (Sigatoka negra) o *P. musicola* (Sigatoka amarilla). Los métodos de prevención, control y/o supresión de patógenos fúngicos descritos en el presente documento en relación con las plantas de banano también pueden aplicarse a plantas similares, como las plantas de banano.

[0016] En varios aspectos, los métodos incluyen aplicar la composición de tratamiento ya sea sola o en combinación con al menos un ingrediente adicional como se describe en el presente

documento (por ejemplo, aceite mineral), a una planta de banano o un cultivo de banano que incluyen, o son susceptibles a, un agente causal de la Sigatoka negra o amarilla.

[0017] Las composiciones descritas en el presente documento se pueden usar para prevenir, tratar y/o controlar la Sigatoka negra o amarilla en plantas de banano. En algunas realizaciones, la composición de tratamiento se puede aplicar (por ejemplo, rociar) sobre plantas de banano o un cultivo de banano (por ejemplo, sobre las hojas) de forma aérea (por ejemplo, por avión o helicóptero). En algunas realizaciones, la composición de tratamiento se puede aplicar desde el suelo con atomizadores acoplados a tractores o camiones, o mediante atomizadores de mochila motorizados para áreas pequeñas. En algunas realizaciones, la composición de tratamiento se puede aplicar manualmente a la planta de banano o al cultivo de banano (por ejemplo, aplicación al suelo, aplicación por rociado). Las plantas de banano suelen tratarse con composiciones antifúngicas semanalmente. Esto protege las nuevas hojas de banano, que normalmente emergen cada siete días.

[0018] La planta de banano puede tratarse con composiciones antifúngicas en cualquier etapa de desarrollo después de la aparición de las hojas. Las hojas de banano generalmente emergen cada 7 días, por lo que las composiciones antifúngicas generalmente se aplican semanalmente. Normalmente se aplican composiciones antifúngicas con diferentes modos de acción a las plantas de banano en rotación para reducir la probabilidad de que el agente causal de la Sigatoka negra o amarilla desarrolle resistencia contra una composición antifúngica particular. Como se describe con mayor detalle a continuación, normalmente se aplican diferentes tipos de composiciones antifúngicas a las plantas de banano en función de los síntomas de las plantas de banano.

[0019] Se pueden aplicar composiciones que incluyen agentes de tratamiento antifúngicos para prevenir, controlar o suprimir la infección con los agentes causales de la

Sigatoka negra o amarilla en cualquier etapa de crecimiento de las plantas de banano. El tipo de agente de tratamiento incluido en la composición se basa en las diferentes etapas de la infección por Sigatoka negra o amarilla. Por ejemplo, los fungicidas protectores como el mancozeb suelen aplicarse antes de que el patógeno penetre en las hojas del banano. Los fungicidas preventivos como la fenazaquina y otros fungicidas con una oxidorreductasa de NADH del complejo 1, como se describe en este documento, se aplican al comienzo de la infestación por Sigatoka negra o amarilla (Etapas 1 a 2). Los fungicidas sistémicos y curativos como triazoles, carboxamidas y estrobilurinas se pueden aplicar en las etapas E1 a E4 de la infestación por Sigatoka negra o amarilla.

[0020] Las composiciones protectoras antifúngicas se aplican normalmente a plantas de banano que no presentan síntomas de infección fúngica. Las composiciones protectoras antifúngicas inhiben activamente la germinación de las esporas y la penetración del micelio en las hojas de las plantas de banano. En algunos aspectos, el agente de tratamiento, que incluye una oxidorreductasa de NADH del complejo 1 o un inhibidor del transporte de electrones mitocondrial que previene la unión de la NADH-ubiquinona reductasa, se puede aplicar a la planta de banano o al cultivo de banano antes de que estén presentes los síntomas de la Sigatoka negra o amarilla y/o en las primeras etapas de desarrollo de la enfermedad (Etapa 1 y Etapa 2).

[0021] La FIG. 1 muestra imágenes representativas de ejemplos de hojas de banano en diferentes etapas de la infección por Sigatoka negra. La FIG. 1A muestra un ejemplo de hoja de banano durante la Etapa 1 (etapa inicial de pizcas) de una infección por Sigatoka negra. En algunos aspectos, los síntomas de la Etapa 1 pueden incluir pizcas amarillentas de menos de 1 mm en la superficie abaxial (superficie inferior) de la hoja de banano. En algunos aspectos, los síntomas de la Etapa 1 pueden incluir pequeñas pizcas de menos de 0,25 mm que aparecen en la superficie

inferior de la hoja. Estas pizcas pueden formarse en la tercera, cuarta o hojas más viejas de la planta de banano y pueden ser más abundantes cerca de los márgenes de las hojas, particularmente hacia la punta. Estas pizcas pueden ser de color blanco a amarillento y rápidamente se tornan de color marrón rojizo.

[0022] La FIG. 1B muestra un ejemplo de hoja de banano durante la Etapa 2 (primera fase de raya) de una infección por Sigatoka negra. Durante la Etapa 2, las pizcas se alargan, se vuelven ligeramente más anchas y forman rayas estrechas de color marrón rojizo. El eje largo de cada una de las rayas suele ser paralelo o sustancialmente paralelo a las venas de la hoja. Las rayas pueden ser de hasta 20 x 2 mm. Las rayas son más claramente visibles en la superficie inferior de la hoja que en la superficie superior. La distribución de las rayas en las hojas puede ser variable. Las rayas pueden ser numerosas y unirse para formar rayas más grandes. Los síntomas de la etapa 2 pueden incluir rayas rojas o marrones que aparecen en la superficie abaxial de la hoja de banano. Más adelante en la Etapa 2, las rayas rojas o marrones también pueden aparecer en la superficie adaxial (superficie superior) de la hoja de banano. El color de la raya puede cambiar progresivamente a negro en la superficie adaxial de la hoja de banano. Las rayas rojas o marrones generalmente ocurren entre las venas de la hoja de banano y generalmente se extienden paralelas a las venas de la hoja de banano. En algunos aspectos, las rayas pueden tener 2 mm por menos de 1 mm.

[0023] La FIG. 1C muestra un ejemplo de hoja de banano durante la Etapa 3 (segunda fase de raya) de una infección por Sigatoka negra. La etapa 3 es similar a la etapa 2, pero las rayas rojas o marrones son más largas y más grandes. Las rayas cambian de color de marrón rojizo a marrón oscuro o casi negro, a veces con un tinte violáceo, volviéndose claramente visibles en la

superficie superior de la hoja. Cuando las rayas son numerosas y están distribuidas de manera sustancialmente uniforme, toda la hoja se ennegrece.

[0024] La FIG. 1D muestra un ejemplo de hoja de banano durante la Etapa 4 (primera etapa de mancha) de una infección por Sigatoka negra. Durante la etapa 4, las rayas se ensanchan y adquieren una forma algo fusiforme o elíptica. Los síntomas de la etapa 4 pueden incluir manchas necróticas elípticas o circulares de color marrón en la superficie abaxial de la hoja. Las manchas elípticas o circulares parecen negras en la superficie abaxial de la hoja de banano. Alrededor de las manchas o rayas se desarrolla un borde marrón claro empapado de agua.

[0025] La FIG. 1E muestra un ejemplo de hoja de banano durante la Etapa 5 (segunda etapa de mancha) de una infección por Sigatoka negra. Los síntomas de la etapa 5 incluyen manchas necróticas elípticas o circulares que son negras tanto en la superficie abaxial como en la superficie adaxial de la hoja de banano. Las manchas necróticas pueden estar rodeadas por un halo amarillo. La zona central de las manchas necróticas, de color marrón oscuro o negro, se deprime ligeramente y el borde empapado de agua se vuelve más pronunciado debido al oscurecimiento. En esta etapa, puede ocurrir un ligero color amarillento del tejido de la hoja que rodea inmediatamente el borde empapado de agua.

[0026] La FIG. 1F muestra un ejemplo de hoja de banano durante la Etapa 6 (tercera etapa de mancha o etapa de mancha adulta) de una infección por Sigatoka negra. Los síntomas de la etapa 6 pueden incluir manchas necróticas elípticas o circulares en las que el centro de la mancha necrótica se ha secado. La porción central seca de las manchas necróticas puede ser de color gris claro o beige y puede deprimirse aún más. Las manchas necróticas pueden estar rodeadas por un borde o anillo estrecho, bien definido, de color marrón oscuro o negro. Entre este borde marrón oscuro o negro y el color verde normal de la hoja, suele haber una zona de transición o halo de

color amarillo brillante. Después de que la hoja se ha caído y se ha marchitado, quedan manchas claramente visibles con el centro de color claro y los bordes oscuros.

[0027] Sin tratamiento, los síntomas de la Sigatoka negra normalmente se extienden a través de grandes áreas de las hojas de banano, reduciendo en gran medida las capacidades fotosintéticas de las hojas infectadas y de la planta de banano en su conjunto, reduciendo el rendimiento de la planta de banano. Sin tratamiento, la infección por Sigatoka negra puede reducir el rendimiento de una planta de banano hasta en un 50%, puede reducir el peso de los racimos de fruta de banano hasta en un 50% y puede reducir la calidad de la fruta de banano hasta el punto en que el 100% de la fruta del banano cosechada no es apta para la exportación.

[0028] Los síntomas de la Sigatoka amarilla pueden ser similares, y a veces iguales, a los síntomas de la Sigatoka negra que se muestran en las FIGS. 1A – 1F. En general, el primer síntoma de la Sigatoka amarilla es la aparición de rayas de color amarillo pálido en la superficie superior de la hoja. Las rayas amarillas pueden tener de 1 a 2 mm de largo y pueden agrandarse para formar lesiones necróticas con halos amarillos y centros de color gris claro. Las primeras manchas foliares de la Sigatoka negra son de color rojizo a marrón oxidado, y más largas y anchas que las primeras manchas foliares de la Sigatoka amarilla. Las manchas foliares de la Sigatoka negra suelen notarse en la superficie inferior de la hoja. Aunque tanto la Sigatoka negra como la amarilla forman rayas foliares, las primeras rayas y manchas de la Sigatoka negra son negras y carecen del halo amarillo distintivo que está presente en las rayas jóvenes de la Sigatoka amarilla. Por el contrario, las primeras manchas foliares de la Sigatoka amarilla son rayas foliares de color amarillo verdoso que son más estrechas y cortas, y más prominentes en la superficie superior de la hoja que en la Sigatoka negra. Ambas enfermedades pueden estar presentes en la misma planta. Las lesiones pueden unirse y destruir grandes áreas de tejido foliar, lo que resulta en rendimientos

reducidos y maduración prematura de la fruta. Todos los fungicidas y composiciones de tratamiento descritos en el presente documento con respecto a la Sigatoka negra también son eficaces para tratar la Sigatoka amarilla.

[0029] En algunos aspectos, el agente de tratamiento que incluye la oxidorreductasa de NADH del complejo 1 o un inhibidor del transporte de electrones mitocondrial que previene la unión de la NADH-ubiquinona reductasa, se puede aplicar a la planta de banano o al cultivo de banano durante la Etapa 1 y/o la Etapa 2 de la infección por Sigatoka negra o amarilla. En algunos aspectos, los métodos incluyen una etapa de selección de una planta de banano sospechosa de tener Sigatoka negra o Sigatoka amarilla antes de aplicar el agente de tratamiento. En otros aspectos, la selección puede incluir seleccionar una planta de banano que incluya al menos una hoja que tenga al menos una decoloración entre las venas secundarias de la hoja y rayas de color amarillo pálido paralelas a las venas secundarias de la hoja. Aún en otros aspectos, el método puede incluir aplicar el agente de tratamiento después de observar pequeñas manchas rojizas en la superficie abaxial de una o más hojas de la planta de banano o manchas circulares rojizas regulares o irregulares en la superficie abaxial de una o más hojas de la planta de banano.

[0030] Como se discute en el presente documento, el agente de tratamiento puede ser una oxidorreductasa de NADH del complejo 1 o un inhibidor del transporte de electrones mitocondrial que previene la unión de la NADH-ubiquinona reductasa. Ejemplos de oxidorreductasas de NADH del complejo 1 incluyen diflumentorim (5-cloro-N-{1-[4(difluorometoxi)fenil]propil}-6-metilpirimidin4-ilamina), tolfenpirad (1H-pirazol-5-carboxamida,4-cloro- 3-etil-1-metil-N-[[4-(4-metilfenoxi)fenil]metil]), fenazaquina (4-[2-(4-terc-butilfenil)etoxi]quinazolina), desbutil-fenazaquina, diazirin-fenazaquina o combinaciones del mismo. Los tratamientos con una oxidorreductasa de NADH del complejo 1 afectan la respiración

celular y el modo de acción es la inhibición de las enzimas de oxidorreductasa de NADH del complejo 1 en la mitocondria. Ejemplos de inhibidores del transporte de electrones mitocondrial incluyen piridabén ([2-terc-butil-5-(4-terc-butilbenciltio)-4-cloropiridazin-3(2H)-ona]), fenpiroximato, ácido benzoico, 4-[[[(E)-(1,3-dimetil-5-fenoxi-1H-pirazol-4-il) metileno]amino]oxi]metil]-, 1,1-dimetiletil éster], tebufenpirad (4-cloro-N-[[4-(1, 1-dimetiletil)fenil]metil]-3-etil-1-metil-1H-pirazol-5-carboxamida), pirimidifén (5-cloro-N-{2-[4-(2-etoxietil)-2,3-dimetilfenoxi]etil}-6-etilpirimidin-4-amina), tolfenpirad (1H-pirazol-5-carboxamida, 4-cloro-3-etil-1-metil-N-[[4-(4-metilfenoxi)fenil]metil]), fenazaquina (4-[2-(4-terc-butilfenil)etoxi]quinazolina), SAN 548, Azido-SAN 548 o combinaciones de los mismos. Los inhibidores del transporte de electrones mitocondrial afectan la respiración celular y el modo de acción inhibe el complejo 1 de la cadena mitocondrial transportadora de electrones y previene la unión de la NADH-ubiquinona reductasa. En algunos aspectos, el agente de tratamiento es fenazaquina.

[0031] En otros aspectos, el agente de tratamiento consiste en una oxidorreductasa de NADH del complejo 1 y/o un inhibidor del transporte de electrones mitocondrial que previene la unión de la NADH-ubiquinona reductasa. En otros aspectos, el agente de tratamiento no es un agente de tratamiento que se une al sitio Qo (gen cyt b) del complejo III (citocromo bc 1) dentro de la mitocondria (ubiquinol oxidasa) como el grupo de fungicidas QoI (inhibidores externos de quinona) incluidas las estrobilurinas (p. ej., azoxistrobina, pyraclostrobina, etc.).

[0032] En aspectos en los que la composición de tratamiento comprende fenazaquina, el agente de tratamiento se puede aplicar a una tasa de 100-200 gramos del ingrediente activo fenazaquina por cada 10.000m² (100-200 gramos del ingrediente activo fenazaquina por hectárea (g/Ha)) o 0,5-1,25 litros por cada 10.000m² (0,5-1,25 litros por hectárea (L/Ha)) de producto

formulado que contiene 191,72 gramos/litro o 1,6 libras/galón de fenazaquina (p. ej., 0,7 L por cada 10.000 m² (0,7 L/ha)). En aspectos en los que el agente de tratamiento comprende tolfenpirad, el agente de tratamiento se puede aplicar a una tasa de 80-320 g (ingrediente activo tolfenpirad) por cada 10.000m² (80-320 g (ingrediente activo tolfenpirad)/Ha) o 0,5-2 L por cada 10.000m² (0,5-2 L/Ha) de producto formulado que comprende 160,56 g/L (1,34 Lb/galón) de tolfenpirad. En aspectos en los que el agente de tratamiento comprende fenpiroximato, el agente de tratamiento se puede aplicar a una tasa de 20-100 g (ingrediente activo fenpiroximato por cada 10.000² (20-100 g ingrediente activo fenpiroximato/Ha) o 0,4-2,00 L por cada 10.000² (0,4-2,00 L/Ha) de producto formulado que comprende (0,42 Lb/galón ~ 50,327 gramos/litro) de fenpiroximato. En aspectos en los que el agente de tratamiento comprende piridabén, el agente de tratamiento se puede aplicar a una tasa de 135-540 g (ingrediente activo piridabén) por cada 10.000m² (135-540 g (ingrediente activo piridabén)/Ha) o 0,2-1,2 L por cada 10.000m² (0,2-1,2 L/Ha) de producto formulado que comprende 449,35 g/L (3,8 Lb/galón) de piridabén. En aspectos en los que la composición de tratamiento comprende tebufenpirad, el agente de tratamiento se puede aplicar a una tasa de 100-200 g (ingrediente activo tebufenpirad) por cada 10.000m² (100-200 g (ingrediente activo tebufenpirad)/Ha). Se entiende que se utilizarán tasas equivalentes al aplicar los agentes de tratamiento a áreas medidas en acres (g de ingrediente activo/acre).

[0033] En aspectos en los que el agente de tratamiento comprende fenazaquina, el producto formulado que contiene 200 g/L de fenazaquina se puede aplicar a una tasa de 0,5 a 1,0 L por cada 10.000m² (0,5 a 1,0 L/Ha), incluyendo cualquier número o rango de la misma, tal como 0,50, 0,55, 0,60, 0,65, 0,70, 0,75, 0,80, 0,85, 0,90, 0,95 y 1,0 L por cada 10.000m² (o L/Ha) de producto formulado.

[0034] En aspectos en los que el agente de tratamiento comprende tolfenpirad, el producto formulado que contiene 160 g/L (1,34 libras/galón) de tolfenpirad se puede aplicar a una tasa de 0,25 a 2,0 L por cada 10.000m² por cada 10.000m² (0,25 a 2,0 L/Ha), incluyendo cualquier número o rango de la misma, como 0,25, 0,30, 0,35, 0,40, 0,45, 0,50, 0,55, 0,60, 0,65, 0,70, 0,75, 0,80, 0,85, 0,90, 0,95, 1,0, 1,05, 1,10, 1,15, 1,20, 1,25, 1,30, 1,35, 1,40, 1,45, 1,50, 1,55, 1,60, 1,65, 1,70, 1,75, 1,80, 1,85, 1,90, 1,95 y 2,0 L por cada 10.000m² (o L/Ha) de producto formulado.

[0035] En aspectos en los que el agente de tratamiento comprende fenpiroximato, el producto formulado que contiene 50 g/L (0,4 Lb/gal.) de fenpiroximato se puede aplicar a una tasa de 0,5 – 2,0 L por cada 10.000m² (0,5 – 2,0 L/Ha), incluyendo cualquier número o rango de la misma, como 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9, 1,0, 1,1, 1,2, 1,3, 1,4, 1,5, 1,6, 1,7, 1,8, 1,9 y 2,0 por cada 10.000m² (o L/Ha) de producto formulado.

[0036] En aspectos en los que el agente de tratamiento comprende piridabén, el producto formulado que contiene 449 g/L (3,75 Lb/galón) de piridabén se puede aplicar a una tasa de 0,20 a 1,2 por cada 10.000m² (0,20 a 1,2 L/Ha), incluyendo cualquier número o rango de la misma, como 0,20, 0,25, 0,30, 0,35, 0,40, 0,45, 0,50, 0,55, 0,60, 0,65, 0,70, 0,75, 0,80, 0,85, 0,90, 0,95, 1,0, 1,05, 1,10, 1,15 y 1,20 por cada 10.000m² (o L/Ha) de producto formulado.

[0037] En algunos aspectos, los compuestos con una oxidoreductasa de la forma reducida de nicotinamida adenina dinucleótido (NADH) del complejo 1 o un inhibidor del transporte de electrones mitocondrial descritos del presente documento se pueden aplicar hasta tres veces al año (por ejemplo, cada 3 meses).

[0038] Como se discute en el presente documento, las composiciones pueden comprender el agente de tratamiento y al menos un ingrediente adicional, tal como aceite mineral, un fungicida adicional, uno o más emulsionantes y/o uno o más adyuvantes.

[0039] Por ejemplo, las composiciones pueden comprender el agente de tratamiento y un aceite mineral. En algunos aspectos, el aceite mineral se puede aplicar en tasas de 3,8 a 7,6 litros por cada 10.000m² (1 a 2 galones por hectárea). El aceite mineral puede mejorar la cobertura y distribución del agente de tratamiento sobre las hojas de banano. El aceite mineral también proporciona actividad fungistática contra los agentes causales de la Sigatoka negra y amarilla. Los aceites minerales ejemplares pueden incluir Banole® de TOTAL (aceite mineral de parafina de 18 a 20 átomos de carbono), HarvestOil® de Lub-Line® (aceite agrícola de origen mineral no iónico) y aceite mineral Dicam.

[0040] Como se discute en el presente documento, la composición puede comprender un fungicida adicional. El fungicida adicional puede tener un mecanismo de actividad diferente al del agente de tratamiento. En algunos aspectos, el fungicida adicional puede ser un fungicida multisitio. Los fungicidas multisitio se consideran fungicidas protectores porque se aplican antes de que los hongos penetren en las hojas a través de las estomas. También son fungicidas de “contacto” que permanecen en la superficie de la planta, actúan como escudo contra las esporas de hongos y atacan múltiples proteínas y enzimas. Al atacar múltiples proteínas y enzimas, los fungicidas multisitio evitan que los organismos patógenos se adapten y muten, lo que significa que incluso después de décadas de uso, las cepas de hongos no han desarrollado resistencia a los fungicidas multisitio. Ejemplos de fungicidas multisitio pueden incluir mancozeb, clorotalonilo, cobre, azufre o combinaciones de los mismos. El fungicida adicional también podría ser un fungicida curativo sistémico u otro fungicida preventivo con un mecanismo de actividad diferente al del agente de tratamiento. En otros aspectos, el fungicida adicional se aplica a plantas de banano o a un cultivo de banano como parte de un régimen de tratamiento y en un momento diferente al que se aplica la oxidoreductasa de NADH del complejo 1 y/o un inhibidor del

transporte de electrones mitocondrial que previene la unión de la NADH-ubiquinona reductasa, como se describe en este documento.

[0041] Como se discute en el presente documento, la composición puede comprender uno o más emulsionantes. El uno o más emulsionantes incluyen ingredientes activos tales como éteres de poliglicol de ácido oleico, éteres de polioxietileno, octilfenoxipolietoxietanol, alcoholes grasos etoxilados o combinaciones de los mismos. Los emulsionantes son capaces de mezclar agua con aceite además de los fungicidas para obtener una emulsión uniforme. Los emulsionantes generalmente se usan al 1% de la cantidad de aceite, pero en algunos casos se pueden aumentar hasta el 2%. Ejemplos de emulsionantes pueden incluir Triton™ X-45 (tensioactivo no iónico) de Sigma Alrich, Break-Thru® (tensioactivo no iónico) de Evonik, Bronco Plus® de Quimiser S.A. (éter de poliglicol de alcohol graso al 20%), Emulad, Agridex® de Bayer (surfactante no iónico), Eco RizoSpray® de Rizobacter (alcohol graso monoramificado etoxilado), Imbirex® de Oxiteno (emulsionante no iónico), Agrex'Oil de Microquímica® (adyuvante de aceite de soja), Hipotensor SYS de Grupo Empresarial (tensioactivo lineal, no aromático), SprayFix (alquil aril poliglicol) o combinaciones de los mismos.

[0042] Como se discute en el presente documento, la composición puede comprender uno o más adyuvantes. Ejemplos de adyuvantes pueden incluir adhesivos esparcidores, agentes antiespumantes, tampones, ablandadores de agua o combinaciones de los mismos.

[0043] Como se discute en el presente documento, las composiciones pueden comprender el agente de tratamiento y al menos un ingrediente adicional, tal como aceite mineral, el fungicida adicional y/o uno o más emulsionantes. Estos ingredientes activos se pueden aplicar por separado o simultáneamente. Por ejemplo, una mezcla en tanque que comprende la composición que comprende el agente de tratamiento se puede rociar sobre una planta de banano o un cultivo de banano.

[0044] Los métodos de prevención, control y/o supresión de patógenos que causan la Sigatoka negra o la Sigatoka amarilla generalmente incluyen aplicar una composición que incluye un fungicida a una planta de banano o a un cultivo de banano. Normalmente, los métodos incluyen aplicar composiciones que tienen diferentes modos de acción en semanas sucesivas para reducir la probabilidad de que los patógenos que causan la Sigatoka negra o amarilla desarrollen resistencia a la composición.

[0045] Los métodos descritos en el presente documento pueden incluir aplicar la composición que incluye el agente de tratamiento que comprende la oxidorreductasa de NADH del complejo 1 y/o el inhibidor del transporte de electrones mitocondrial a la planta de banano o cultivo de banano y uno o más agentes de tratamiento adicionales a la planta de banano o cultivo de banano, como parte de un régimen de tratamiento. En algunos aspectos, el agente de tratamiento adicional puede incluir un protector, tal como mancozeb, clorotalonilo, tiram, cobre o combinaciones de los mismos. Dichos tratamientos son fungicidas multisitio (y tienen múltiples modos de acción). En algunos aspectos, el agente de tratamiento adicional puede incluir una amina, tal como fenpropimorf, espiroxamina, tridemorf o combinaciones de los mismos. El modo de acción de las aminas es la inhibición de la biosíntesis de ergosterol (Clase II). En algunos aspectos, el agente de tratamiento adicional puede incluir fungicida a base de zoxamida toluamida/benzamida (Zoxium). El modo de acción de la zoxamida detiene la división nuclear por enlace a la subunidad-b de la tubulina, lo que interrumpe la polimerización de la microtubulina. En algunos aspectos, el agente de tratamiento adicional puede incluir picolinamidas, tales como fenpicoxamida. El modo de acción de las picolinamidas es la inhibición interna de la quinona. En algunas realizaciones, el agente de tratamiento adicional puede incluir triazoles, tales como difenoconazol, propiconazol, tebuconazol, epoxiconazol, tridimenol, fenbuconazol, flutriafol o

combinaciones de los mismos. El modo de acción de los triazoles es inhibir los inhibidores de la desmetilación e inhibir la biosíntesis de ergosterol. En algunos aspectos, el agente de tratamiento adicional puede incluir carboxamidas, tales como boscalid, isopyrazam, fluopiram o combinaciones de los mismos. El modo de acción de las carboxaminas es inhibir el succinato deshidrogenasa. En algunos aspectos, el agente de tratamiento adicional puede incluir estrobilurinas tales como piraclostrobin, trifloxystrobin, fenpicoxamida o combinaciones de las mismas. El modo de acción de las estrobilurinas es inhibir la quinona (Complejo III: ubiquinol oxidasa en el gen del citocromo b). En algunos aspectos, el agente de tratamiento adicional puede incluir bencimidazoles y N-fenil carbamatos, tales como thiabendazol, carbendazim, diethofencarb o combinaciones de los mismos. El objetivo de acción de los fungicidas a base de bencimidazoles y N-fenil carbamatos es matar las células fúngicas durante la mitosis deformando el huso mitótico, la β -tubulina, una proteína importante en la formación del citoesqueleto.

[0046] En algunos aspectos, el régimen de tratamiento comprende la aplicación de uno o más de los agentes de tratamiento del párrafo anterior. Por ejemplo, en algunos aspectos, los agentes de tratamiento adicionales adecuados pueden comprender un bencimidazol, una estrobilurina, un triazol o combinaciones de los mismos. En algunos aspectos, el agente de tratamiento adicional comprende isopyrazam, fluopiram, boscalid, piraclostrobin, trifloxystrobin, fenpicoxamida o combinaciones de los mismos.

[0047] La divulgación proporciona composiciones que comprenden los agentes de tratamiento (p. ej., fenazaquina) descritos en el presente documento. Por ejemplo, dichas composiciones pueden comprender 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 11%, 12%, 13%, 14%, 15%, 16%, 17%, 18%, 19 %, 20%, 20,5% o más del agente de tratamiento en peso de la composición. En algunos aspectos, las composiciones comprenden 5 % - 20 % del agente de tratamiento en peso

de la composición, 10 % - 20 % del agente de tratamiento en peso, 10 % - 15 % del agente de tratamiento en peso de la composición, 5 % - 10 % del agente de tratamiento en peso de la composición, o 15% - 20% del agente de tratamiento en peso de la composición. Debe entenderse que las tasas divulgadas en el presente documento incluyen cualquier sub-rango de números enteros dentro de los rangos divulgados. En otros aspectos, las composiciones descritas en el presente documento se aplican a una tasa de 0,40 – 404,7 gramos del agente de tratamiento por cada 10.000m² (1-1.000 gramos de agente de tratamiento/acre) (a) o 0,40 – 202,3 gramos del agente de tratamiento por cada 10.000m² (1-500 gramos de agente de tratamiento/acre). En otros aspectos, las composiciones que comprenden el agente de tratamiento descrito en el presente documento se aplican a una tasa de 73,1 – 7.308,2 ml por cada 10.000m² (1-100 fl oz/acre). En aspectos específicos, las composiciones descritas en el presente documento comprenden 18,79 % en peso de fenazaquina y se aplican a una tasa de 2.192,3 – 2.923,1 ml por cada 10.000m² (30-40 fl oz/acre). Alternativamente, la composición de tratamiento formulada se aplica a una tasa de 473,18 a 1005,5 ml (ingrediente activo) por cada 10.000m² (16 a 34 fl oz (ingrediente activo) /Ha, o 6 a 14 fl oz/acre) de composición de tratamiento formulada.

[0048] En otros aspectos, la composición es MAGISTER SC®, que tiene 18,79 % de fenazaquina en peso de la composición y 81,21 % de otros ingredientes en peso de la composición. En otros aspectos, la composición es Nexter SC®, que tiene 42,47 % de piridabén en peso de la composición y 57,53 % de otros ingredientes en peso de la composición. En otros aspectos, la composición es Fujimite SC®, que tiene 5,0 % de fenpiroximato en peso de la composición y 95,0 % de otros ingredientes en peso de la composición. En otros aspectos, la composición es Apta®, que tiene 15,0 % de tolfenpirad en peso de la composición y 85,0 % de otros ingredientes en peso de la composición. En otros aspectos, la composición es Pyranica®,

que tiene un 20 % de tebufenpirad en peso de la composición y un 80 % de otros ingredientes en peso de la composición. En otros aspectos, la composición es Masai®, que tiene un 20 % de tebufenpirad en peso de la composición y un 80 % de otros ingredientes en peso de la composición.

EJEMPLOS

Ejemplo 1 – Estudio en Microplacas – Fenazaquina

[0049] La Tabla 1 y las FIGS. 2-3 muestran aspectos de pruebas *in vitro* de una composición de tratamiento que comprende fenazaquina como agente de tratamiento contra *M. fijiensis*, que es el agente causal de la Sigatoka negra. El control positivo comprende el medio de crecimiento (Caldo Dextrosa y Papa de Doble Potencia) y el patógeno *M. fijiensis*. La Tabla 1 resume las condiciones de prueba de este ejemplo.

Tabla 1: Tratamientos

Tratamiento	Descripción
1	Control (agua)
2	Control (Caldo Dextrosa y Papa de Doble Potencia)
3	Control Positivo (Caldo Dextrosa y Papa de Doble Potencia + <i>M. fijiensis</i>)
4	Composición de tratamiento (0,019 ppm)
5	Composición de tratamiento (1 ppm)
6	Composición de tratamiento (2,5 ppm)
7	Composición de tratamiento (5 ppm)
8	Composición de tratamiento (10 ppm)
9	Composición de tratamiento (20 ppm)

[0050] Se preparó Agar Dextrosa y Papa (ADP) mezclando 39 gramos de medio deshidratado en 1 litro de agua desionizada. La mezcla se llevó a ebullición durante 1 minuto

usando una placa caliente con agitación. Luego se esterilizó el ADP en un autoclave a 121°C durante 15 minutos y se vertieron 15 ml de agar esterilizado en placas de Petri de 100 mm y se solidificaron en condiciones estériles. Se utilizó un inóculo de 5 mm de una placa de Petri de *M. fijiensis* previamente cultivada para inocular una placa de Petri de ADP recién preparada; la placa se incubó a 25°C durante 14 días.

[0051] Se preparó Caldo Dextrosa y Papa mezclando 24 gramos de medio deshidratado en 1 litro de agua desionizada. La mezcla se mezcló completamente usando una placa agitadora con una barra agitadora magnética durante 5 minutos. Luego se esterilizó el Caldo Dextrosa y Papa en un autoclave a 121°C durante 15 minutos; el medio se enfrió a temperatura ambiente y se vertieron 50 ml en matraces esterilizados de 150 ml.

[0052] Se preparó Caldo Dextrosa y Papa de Doble Potencia mezclando 48 gramos de medio deshidratado en 1 litro de agua desionizada. La mezcla se mezcló completamente usando el mismo procedimiento descrito para Caldo Dextrosa y Papa.

[0053] Se inoculó *M. fijiensis* en matraces que contenían Caldo Dextrosa y Papa. Los matraces se incubaron durante 10 días en un agitador rotatorio a 25°C y 120 rpm. Una porción de 0,35 g de masa de micelio fresco de *M. fijiensis* se transfirió a 10 ml de medio líquido de Caldo Dextrosa y Papa de Doble Potencia y se utilizó el aparato homogeneizador Politron® para triturar la masa de micelio (a velocidad 4 durante 1 min) y obtener una suspensión uniforme de fragmentos de hifas. Se transfirieron 100 microlitros de la suspensión de micelio a placas de microtitulación estériles de 96 pocillos y se mezclaron con 100 microlitros de Caldo Dextrosa y Papa modificado con la composición de tratamiento en las concentraciones que se muestran en la Tabla 1.

[0054] Las placas se sellaron usando película de PVC para evitar la evaporación y la contaminación, y se incubaron durante 7 días a 25°C y 12h de fotoperiodo. Después de la

incubación, se estimó el crecimiento fúngico con base en la densidad del micelio medida indirectamente utilizando un lector de placas de microtitulación a 450 nanómetros (nm) (Thermo Scientific). Se tomaron lecturas de densidad óptica (DO) para evaluar la masa fúngica el día 0 y después de un período de incubación de 7 días. La primera lectura se restó de la segunda para estimar solo el crecimiento micelial.

[0055] Con base en los datos de densidad óptica, los valores para el porcentaje de inhibición del crecimiento fúngico se calculan para cada producto y las tasas usando la fórmula de Abbott:

$$\% \text{ de reducción del crecimiento fúngico} = \frac{C - T}{C * 100},$$

donde C=crecimiento micelial en el control positivo (Caldo Dextrosa y Papa de Doble Potencia + Hongo), y T=crecimiento micelial en los pocillos modificados con la composición de tratamiento.

[0056] Como se muestra en las FIGS. 2-3 y la Tabla 2, la composición de tratamiento es eficaz para reducir la cantidad de crecimiento de *M. fijiensis* en todas las concentraciones probadas. Como se muestra en la FIG. 2, todas las muestras que incluían la composición de tratamiento que comprendía fenazaquina como agente de tratamiento (Tratamientos 4-9 en la Tabla 1) mostraron menos crecimiento de *M. fijiensis* en relación con el control positivo, que incluía *M. fijiensis*, pero ninguna composición de tratamiento. La FIG. 3 y la Tabla 2 muestran el porcentaje de reducción del crecimiento de *M. Fijiensis* en todas las muestras, incluida la composición de tratamiento que comprendía fenazaquina como agente de tratamiento (Tratamientos 4-9 en la Tabla 1). La reducción porcentual del crecimiento se calculó utilizando la fórmula de Abbott.

Tabla 2: Inhibición del crecimiento de *M. fijiensis* tratado con la composición de tratamiento

Tratamientos	Porcentaje de inhibición del crecimiento (%)
Control (sin tratamiento)	-
Control (Caldo Dextrosa y Papa de Doble Potencia)	-
Control (Caldo Dextrosa y Papa de Doble Potencia + <i>M. fijiensis</i>)	-
Composición de tratamiento (0,1 ppm)	33
Composición de tratamiento (1 ppm)	44
Composición de tratamiento (2,5 ppm)	36
Composición de tratamiento (5 ppm)	31
Composición de tratamiento (10 ppm)	46
Composición de tratamiento (20 ppm)	28

Ejemplo 2 – Estudio de campo – Fenazaquina

[0057] Se llevó a cabo un estudio de campo en un cultivo de banano en Colombia que incluía una parcela de plantas de banano sometidas a las condiciones de prueba descritas en la

Tabla 3. Cada parcela tenía un área de 180 metros cuadrados e incluía cinco plantas de banano.

Tabla 3: Tratamientos

Tratamiento	Descripción
1	Sin composición de tratamiento
2	Composición incluye 0,7 L por cada 10.000m ² (0,7 L/Ha) agente de tratamiento control + 7,57 L por cada 10.000m ² (7,57 L/Ha) de aceite mineral
3	Composición incluye 0,5 L por cada 10.000m ² (0,5 L/Ha) de fenazaquina + 7,57 L por cada 10.000m ² (7,57 L/Ha) de aceite mineral
4	Composición incluye 0,75 L por cada 10.000m ² (0,75 L/Ha) de fenazaquina + 7,57 L por cada 10.000m ² (7,57 L/Ha) de aceite mineral

[0058] Las composiciones de tratamiento descritas en la Tabla 3 se aplicaron a las correspondientes parcelas de tratamiento de plantas de banano a intervalos de aplicación de 8 días durante 8 semanas en un sistema de aplicación configurado para imitar los resultados de un método de aplicación aérea. El agente de tratamiento de control fue fenpropimorf. Cada una de las parcelas fue evaluada cada dos semanas para las siguientes variables: a) hoja más joven con manchas, b) número total de hojas, hojas funcionales (grado 2 de la escala de Stover, hojas con máximo 5% de área foliar afectada), c) Índice de Severidad con base en la escala de severidad de Stover modificada por Gauhl, y d) área foliar afectada (AFA). Además, se realizaron evaluaciones periódicas de fitotoxicidad.

[0059] La escala de Stover se describe en el artículo “Stover, R.H., 1971. *A proposed international scale for estimating banana leaf spot*. Tropical Agriculture (Trinidad) 48, 185-196”, cuya parte relevante se incorpora en el presente documento por referencia. La escala de severidad de Stover modificada por Gauhl se describe en la Publicación de PCT n° WO2010/109290 y “Gauhl, F., Pasberg-Gauhl, F., Vuylsteke, D., Oritz, R. 1993. *Multilocal evaluation of black sigatoka resistance in banana and plantain*. IITA Research Guide No. 47. IITA, Ibadan, Nigeria”, cuyas partes relevantes se incorporan en el presente documento por referencia. La FIG. 4 muestra ejemplos hojas de banano para cada grado de la escala de Stover. En la FIG. 4, un ejemplo de cantidad de área afectada está coloreada en negro.

[0060] Las parcelas tratadas con las composiciones que incluyen la composición de tratamiento con fenazaquina mostraron diferencias estadísticas significativas en los parámetros descritos anteriormente con respecto a la parcela de control no tratada. Las plantas en la parcela de control no tratada desarrollaron una infección por Sigatoka negra bastante grave. Las parcelas tratadas con las composiciones que incluían el agente de tratamiento con fenazaquina mostraron datos similares con respecto a las parcelas tratadas con la composición de control.

[0061] La FIG. 5 muestra una gráfica del área foliar afectada (AFA) para las plantas de banano en las parcelas de tratamiento descritas en la Tabla 3. La AFA es indicativa de una cantidad total acumulativa de área foliar afectada por la infección por Sigatoka negra durante un período de prueba. A lo largo del período de prueba, se determina un porcentaje de área afectada para cada una de las hojas de cada una de las plantas de banano en las parcelas de tratamiento a intervalos predefinidos durante el período de prueba. El área bajo la curva muestra el AFA acumulativa durante el período total de prueba. Como se muestra en la FIG. 5, la cantidad de área afectada fue mucho menor para la parcela de tratamiento tratada con el agente de tratamiento de control y para las parcelas de tratamiento tratadas con el agente de tratamiento con fenazaquina que para la parcela de tratamiento que no fue tratada con ningún agente de tratamiento.

[0062] La FIG. 6 muestra un gráfico del índice de severidad de la Sigatoka negra (IND) para las plantas de banano en las parcelas de tratamiento descritas en la Tabla 3. El IND es una expresión porcentual indicativa de la severidad de la enfermedad de la Sigatoka negra durante el período de prueba. A lo largo del período de prueba, se determina un grado según la escala de Stover modificada para cada una de las hojas de cada una de las plantas de banano en las parcelas de tratamiento a intervalos predefinidos durante el período de prueba. El IND se determina mediante la fórmula:

$$IND = \sum \frac{n * b}{(N - 1) * T} * 100\%, \text{ en donde}$$

n es el número total de hojas en cada grado de la escala de Stover modificada, b es el grado de infección según la escala de Stover modificada, N es el número de grados utilizados en la misma escala (7 grados, del Grado 0 al Grado 6), y T es el número total de hojas evaluadas.

[0063] El área bajo la curva es indicativa de una severidad acumulativa de la enfermedad de la Sigatoka negra según la escala de Stover modificada durante todo el período de prueba.

Estos valores muestran qué tratamientos acumularon más o menos infección durante el ensayo y por tanto más o menos eficacia. Como se muestra en la FIG. 6, la severidad de la enfermedad fue menor en la parcela de tratamiento tratada con el agente de tratamiento de control y en las parcelas de tratamiento tratadas con el agente de tratamiento con fenazaquina que en la parcela de tratamiento que no fue tratada con ningún agente de tratamiento.

Ejemplo 3 – Estudio de microplacas – Agentes de tratamiento adicionales

[0064] Se completaron estudios en microplacas para composiciones de tratamiento que comprenden piridabén, fenpiroximato, tolfenpirad o fenazaquina como agente de tratamiento.

Cada una de las composiciones de tratamiento se analizó con un volumen de agua bajo por dilución (20 L de agua por cada 10.000m² (20 L de agua/Ha)), que es un ejemplo de volumen de aplicación para aplicaciones aéreas de la composición de tratamiento, y un volumen de agua alto por dilución (200 L de agua por cada 10.000m² (200 L de agua/Ha)), que es un ejemplo de volumen de aplicación para aplicaciones terrestres de las composiciones de tratamiento. Los medios de crecimiento Agar Dextrosa y Papa, Caldo Dextrosa y Papa, Caldo Dextrosa y Papa de Doble Potencia, el patógeno *M. fijiensis* y las microplacas de 96 pocillos se prepararon siguiendo la misma metodología descrita anteriormente con respecto al Ejemplo 1. El porcentaje de inhibición del crecimiento (o porcentaje de eficiencia) también se determinó como se describe en el Ejemplo 1.

[0065] Las Tablas 4 a 7 resumen los resultados de este experimento. Como se muestra a continuación, las composiciones de tratamiento que comprenden piridabén, fenpiroximato, tolfenpirad o fenazaquina son efectivas para reducir o prevenir el crecimiento de *M. fijiensis* en diversas tasas de aplicación.

Tabla 4 – Agente de tratamiento con piridabén

Agente de tratamiento	Tasa de aplicación (PPM)	Porcentaje de eficacia
Piridabén	1.800	56%
Piridabén	2.250	73%
Piridabén	2.700	82%
Piridabén	18.000	100%
Piridabén	22.500	100%
Piridabén	27.000	100%

Tabla 5 – Agente de tratamiento con fenpiroximato

Agente de tratamiento	Tasa de aplicación (PPM)	Porcentaje de eficacia
Fenpiroximato	500	80%
Fenpiroximato	650	92%
Fenpiroximato	750	100%
Fenpiroximato	5.000	100%
Fenpiroximato	6.250	100%
Fenpiroximato	7.500	100%

Tabla 6 – Agente de tratamiento con tolfenpirad

Agente de tratamiento	Tasa de aplicación (PPM)	Porcentaje de eficacia
Tolfenpirad	800	100%
Tolfenpirad	1.250	100%
Tolfenpirad	1.600	100%
Tolfenpirad	8.000	100%
Tolfenpirad	12.000	100%
Tolfenpirad	16.000	100%

Tabla 7 – Agente de tratamiento con fenazaquina

Agente de tratamiento	Tasa de aplicación (PPM)	Porcentaje de eficacia
Fenazaquina	500	100%
Fenazaquina	750	100%
Fenazaquina	1.000	100%

Agente de tratamiento	Tasa de aplicación (PPM)	Porcentaje de eficacia
Fenazaquina	5.000	100%
Fenazaquina	7.500	100%
Fenazaquina	10.000	100%

Ejemplo 4 – Estudio de microplacas – Tasas de aplicación adicionales

[0066] Se completaron estudios de microplacas para composiciones de tratamiento que comprenden piridabén, fenpiroximato, tolfenpirad o fenazaquina a tasas de aplicación diferentes a las del Ejemplo 3. Cada una de las composiciones de tratamiento se analizó con un volumen de agua bajo por dilución (20 L de agua por cada 10.000m² (20 L de agua/ha)), que es un ejemplo de volumen de aplicación para aplicaciones aéreas de la composición de tratamiento, y un volumen de agua elevado por dilución (200 L de agua por cada 10.000m² (200 L de agua/Ha), que es un ejemplo de volumen de aplicación para aplicaciones terrestres de las composiciones de tratamiento. Los medios de crecimiento Agar Dextrosa y Papa, Caldo Dextrosa y Papa, Caldo Dextrosa y Papa de Doble Potencia, el patógeno *M. fijiensis* y las microplacas de 96 pocillos se prepararon siguiendo la misma metodología descrita anteriormente con respecto al Ejemplo 1. El porcentaje de inhibición del crecimiento (o porcentaje de eficiencia) también se determinó como se describe en el Ejemplo 1.

[0067] Las Tablas 8 a 11 resumen los resultados de este experimento. Como se muestra a continuación, las composiciones de tratamiento que comprenden piridabén, fenpiroximato, tolfenpirad o fenazaquina son efectivas para reducir o prevenir el crecimiento de *M. fijiensis* en diversas tasas de aplicación.

Tabla 8 – Agente de tratamiento con piridabén

Agente de tratamiento	Tasa de aplicación (PPM)	Porcentaje de eficacia
Piridabén	100	0%
Piridabén	300	12%
Piridabén	450	13%
Piridabén	600	26%
Piridabén	750	24%
Piridabén	1000	36%
Piridabén	2000	49%
Piridabén	3000	70%
Piridabén	4000	80%
Piridabén	5000	94%

Tabla 9 – Agente de tratamiento con fenpiroximato

Agente de tratamiento	Tasa de aplicación (PPM)	Porcentaje de eficacia
Fenpiroximato	100	19%
Fenpiroximato	300	30%
Fenpiroximato	450	46%
Fenpiroximato	600	61%
Fenpiroximato	750	75%
Fenpiroximato	1000	90%
Fenpiroximato	2000	100%
Fenpiroximato	3000	100%
Fenpiroximato	4000	100%
Fenpiroximato	5000	100%

Tabla 10 – Agente de tratamiento con tolfenpirad

Agente de tratamiento	Tasa de aplicación (PPM)	Porcentaje de eficacia
Tolfenpirad	100	0%
Tolfenpirad	300	19%
Tolfenpirad	450	50%

Agente de tratamiento	Tasa de aplicación (PPM)	Porcentaje de eficacia
Tolfenpirad	600	64%
Tolfenpirad	750	90%
Tolfenpirad	1000	98%
Tolfenpirad	2000	100%
Tolfenpirad	3000	100%
Tolfenpirad	4000	100%
Tolfenpirad	5000	100%

Tabla 11 – Agente de tratamiento con fenazaquina

Agente de tratamiento	Tasa de aplicación (PPM)	Porcentaje de eficacia
Fenazaquina	100	52%
Fenazaquina	300	69%
Fenazaquina	450	76%
Fenazaquina	600	81%
Fenazaquina	750	90%
Fenazaquina	1000	100%
Fenazaquina	2000	100%
Fenazaquina	3000	100%
Fenazaquina	4000	100%
Fenazaquina	5000	100%

[0068] Los agentes de tratamiento mostraron una alta inhibición en el crecimiento del patógeno *M. fijiensis*, presentando una curva dosis-respuesta. Se calcularon los valores de la concentración efectiva máxima media (CE_{50}) para cada agente de tratamiento utilizando el programa Prism 9.1.2. La fenazaquina presentó la mayor inhibición de *M. fijiensis* con un valor de EC_{50} de 108,5 ppm, seguida de fenpiroximato con 451,7, tolfenpirad con 463,3 y piridabén con 1572 ppm.

Ejemplo 5 – Estudio de campo – Agentes de tratamiento adicionales

Se llevó a cabo un estudio de campo similar al Ejemplo 2 usando agentes de tratamiento adicionales. El ensayo se realizó en Colombia en condiciones de buena presión de la enfermedad de Sigatoka negra durante la temporada de lluvias. Cada parcela tenía una superficie de 180 metros cuadrados e incluía seis plantas de banano. Los tratamientos evaluados se describen en la Tabla 12.

Tabla 12: Tratamientos

Productos	Dosis (Litros/Hectárea o Litros por cada 10.000m ²)
Sin composición de tratamiento	-
Composición incluye fenpiroximato 50 gramos/L CE + aceite	0,4 + 7,57
Composición incluye fenpiroximato 50 gramos/L CE + aceite	0,6 + 7,57
Composición incluye fenazaquina 200 gramos/L CS + aceite	0,5 + 7,57
Composición incluye fenazaquina 200 gramos/L CS + aceite	0,7 + 7,57
Composición incluye piridabén 450 gramos/L CS + aceite	0,3 + 7,57
Composición incluye piridabén 450 gramos/L CS + aceite	0,4 + 7,57
Composición incluye zoxamida 240 gramos/L CS + aceite	0,65 + 7,57

[0069] Las composiciones de tratamiento descritas en la Tabla 12 se aplicaron a las correspondientes parcelas de tratamiento de plantas de banano a intervalos de aplicación de 8 días durante 8 semanas en un sistema de aplicación configurado para imitar los resultados de un método de aplicación aérea. El agente de tratamiento de control fue zoxamida. Cada una de las parcelas se evaluó cada dos semanas para determinar una serie de parámetros que incluían el área foliar afectada y el índice de severidad (como se discutió anteriormente).

[0070] La FIG. 7 muestra una gráfica del área foliar afectada (AFA) para las plantas de banano en las parcelas de tratamiento descritas en la Tabla 12. La AFA es indicativa de una cantidad total acumulativa de área foliar afectada por la infección por Sigatoka negra durante un período de prueba. A lo largo del período de prueba, se determina un porcentaje de área afectada

para cada una de las hojas de cada una de las plantas de banano en las parcelas de tratamiento a intervalos predefinidos durante el período de prueba. El área bajo la curva muestra el AFA acumulativa durante el período total de prueba. Como se muestra en la FIG. 7, la cantidad de área afectada fue mucho menor para la parcela de tratamiento tratada con las composiciones de tratamiento que para la parcela de tratamiento no tratada con ningún agente de tratamiento.

[0071] La FIG. 8 muestra un gráfico del índice de severidad de la Sigatoka negra (IND) para las plantas de banano en las parcelas de tratamiento descritas en la Tabla 12. El IND es una expresión porcentual indicativa de la severidad de la enfermedad de la Sigatoka negra durante el período de prueba. A lo largo del período de prueba, se determina un grado según la escala de Stover modificada para cada una de las hojas de cada una de las plantas de banano en las parcelas de tratamiento a intervalos predefinidos durante el período de prueba. El IND se determina como se discute en el Ejemplo 2.

[0072] El área bajo la curva es indicativa de una severidad acumulativa de la enfermedad de la Sigatoka negra según la escala de Stover modificada durante todo el período de prueba. Estos valores muestran qué tratamientos acumularon más o menos infección durante el ensayo y por tanto más o menos eficacia. Como se muestra en la FIG. 8, la severidad de la enfermedad fue menor en la parcela de tratamiento tratada con las composiciones de tratamiento que en la parcela de tratamiento no tratada con ningún agente de tratamiento. La composición con fenazaquina (dosis de 0,7L por cada 10.000m² (0,7 L/ha)) obtuvo el mejor control.

[0073] Durante el desarrollo de la prueba, los niveles de infección fueron bastante altos y mostraron un buen escenario para probar la eficacia de los agentes de tratamiento. Todos los agentes de tratamiento mostraron eficacia para controlar la Sigatoka negra y una buena capacidad para reducir la infección causada por *Pseudocercospora fijiensis*. En las condiciones experimentales presentadas en el ensayo, los mejores agentes de tratamiento fueron piridabén

en una dosis de 0,4 litros por cada 10.000m² (0,4 litros/hectárea) y fenazaquina en una dosis de 0,7 litros por cada 10.000m² (0,7 litros/hectárea).