

## Eficacia de fungicidas antioomycetes en la desinfección de hijos de piña MD2 para el control de *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* Dastur

### Efficacy of anti-oomycetes fungicides in the disinfection of MD2 pineapple slips for the control of *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* Dastur

Luis Pérez-Vicente<sup>1✉</sup>, Yasmiani Santana<sup>2</sup>, Omar García<sup>3</sup>, Yuniesky Lovaina<sup>3</sup>, Michel Pérez-Miranda<sup>4</sup>, José A. Rodríguez<sup>1</sup>, Rey de Ávila<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal (INISAV), Ministerio de Agricultura de Cuba, 110 e/ 5ta B y 5ta F. Miramar, Playa, La Habana, Cuba.

<sup>2</sup> Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Ciego de Ávila, Ministerio de Agricultura de Cuba.

<sup>3</sup> Empresa Agroindustrial Ceballos, Ciego de Ávila, Cuba.

<sup>4</sup> Syngenta Iberoamericana, La Habana, Cuba.

**RESUMEN:** El cultivo de la piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) es atacado por diferentes plagas que afectan su productividad, calidad y los costos de producción. La variedad MD2, o Golden Ripe, es muy susceptible a la pudrición del corazón por *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* Dastur. El patógeno se transmite por semilla infectada, esporangios transportados por el viento entre plantas y a partir de clamidosporas en suelos infectados que infectan las raíces y pasan al tallo y a los frutos. Se estudió la eficacia de tratamientos por inmersión para la desinfección de hijos de piña, con los fungicidas sistémicos mefenoxam + mancozeb, azoxystrobin, fluopicolide + propamocarb, fosetyl Al + propamocarb, fenamidone + propamocarb y el mandipropamid en comparación con el tratamiento estándar con fosetyl Al, en dos ensayos de campo establecidos en la Empresa Agroindustrial Ceballos en Ciego de Ávila, Cuba, donde se utilizaron diseños de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos de mefenoxam + mancozeb (100g +1280 g/100L de agua), mandipropamid (50 g/100L), fluopicolide + propamocarb (12,5g + 125g/100L) y fenamidone + propamocarb (44,4g + 667g/100 L) ofrecieron los mejores resultados, con menos de 1,6% de plantas infectadas, después de 110 días de plantados. Les siguieron los tratamientos con azoxystrobin (25 g pc/100L), propamocarb + fosetyl Al (106g + 620g) y fosetyl Al (200 g/100L), con incidencias entre 5-10% de plantas infectadas; mientras que las parcelas no tratadas terminaron con 18% de plantas infectadas. Estos ingredientes activos pueden utilizarse para la desinfección contra *P. nicotianae* var. *parasitica* en suelos conducibles a la enfermedad.

**Palabras clave:** fenamidone, fluopicolide, mandipropamid, mefenoxam, propamocarb pudrición del corazón por *Phytophthora*.

**ABSTRACT:** The pineapple crop (*Ananas comosus* (L.) Merr.) is attacked by several pests that affect its productivity, quality and production costs. The variety MD2 or Golden Ripe is very susceptible to root and heart rot by *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* Dastur. The pathogen is transmitted by infected seeds, sporangia disseminated by wind, and water, and chlamydo spores existing in infected soils that infect roots, stems and fruits. Two field experiments with a randomized block design and four replicates were carried out at the Agroindustrial Enterprise

✉ Autor para correspondencia: Luis Pérez-Vicente. E-mail: [lperezvicente@inisav.cu](mailto:lperezvicente@inisav.cu)

Recibido: 27/3/2017

Aceptado: 29/7/2017

Ceballos in Ciego de Avila province, to study the efficacy of treatments by dipping pineapple slips into the systemic fungicides mefenoxam + mancozeb, azoxystrobin, fluopicolide + propamocarb, fosetyl Al + propamocarb, fenamidone + propamocarb, and mandipropamid in comparison with the standard treatment with fosetyl Al. The best results were obtained with the treatments mefenoxam + mancozeb (100g +1280 g/100L of water), mandipropamid (50 g/100L), fluopicolide + propamocarb (12.5g + 125g/100L), and fenamidone + propamocarb (44.4g + 667g/100 l), which showed less than 1.6% of infected plants at 110 days after planted. They were followed by azoxystrobin (25 g pc/100L), propamocarb + fosetyl Al (106g + 620g), and fosetyl Al (200 g/100L) with an incidence of 5-10% of infected plants, meanwhile the untreated plots finished with 18% of infected plants. These systemic fungicides can be used for disinfecting pineapple planting material against *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* in soils conducive to rot.

**Key words:** mefenoxam, mandipropamid, propamocarb, fenamidone, fluopicolide, *Phytophthora* heart rot.

## INTRODUCCIÓN

La piña cultivada (*Ananas comosus* (L.) Merrill) ocupa el tercer lugar en importancia entre los frutos tropicales que se comercializan en el mundo. Se consume a gran escala, tanto fresca como enlatada, en rodajas y jugos. Las tres grandes divisiones de variedades son (1): Grupo Cayena, Grupo Queen y Grupo Spanish (Española).

En Cuba, la producción de piña se incrementó exponencialmente en los últimos años; al cierre de 2015 existían unas 8907 ha y una producción de 40314 ton (2). Se cultiva a gran escala la variedad Española roja, perteneciente al grupo Spanish y, en el año 2009, se introdujo el híbrido MD2 (Golden Ripe, Extra Sweet o Gold), perteneciente al grupo Cayena, la cual es una variedad altamente productiva y demandada en el mercado internacional. En 2016 la producción de MD2 alcanzó las 2800 t y la exportación superó las 1500 t.

La piña es atacada, a nivel mundial, por un grupo importante de enfermedades, entre las que se destacan las pudriciones de raíces, tallo y frutos causadas por *Phytophthora* spp., diferentes *Fusarium* spp. pertenecientes al complejo de especies de *Gibberella fujikuroi* (Sawada) Ito in Ito & K. Kimura, *Ceratocystis paradoxa* (Dade) C. Moreau; las bacterias *Dickeya* sp. y *Pantoea ananatis* Serrano, Mergaert *et al.*, no presentes en las plantaciones

en Cuba, y esta última incluida en la lista A1 de especies cuarentenadas; los ampelovirus Pineapple mealybug wilt-associated virus -1 al -5 (PMWaV-1 al -5) Closteroviridae (3), además de un grupo importante de plagas de insectos.

La variedad MD2 exhibe, junto a sus altos rendimientos y calidad, una gran susceptibilidad a *Phytophthora* spp., que es la causa principal de las pudriciones de plantas y frutos en las plantaciones cubanas y del mundo. Dos especies de *Phytophthora* afectan la piña (4,5): *P. nicotianae* Bredda de Haan var. *parasitica* Dastur y *Phytophthora cinnamomi* Rands. La primera especie causa la pudrición del corazón de la piña y los frutos, cuando pasa de las raíces de la planta al tallo y de ahí a los frutos; es más frecuente en plantaciones a nivel del mar, con temperaturas predominantes entre 25 y 36°C, condiciones predominantes en Cuba. La segunda, *P. cinnamomi*, produce afectaciones en raíces, tallos y frutos verdes; se desarrolla óptimamente a temperaturas más bajas, entre 19 y 25°C (5), y su presencia no ha sido confirmada en el cultivo en Cuba. La pudrición del corazón, en la mayoría de los casos, es una extensión de las pudriciones de raíces. Ambas especies de *Phytophthora* se desarrollan en el suelo y necesitan agua para producir esporas e infectar las plantas. Las plantas con lesiones por nematodos y sinfílicos

son particularmente susceptibles a las infecciones por estos oomicetos.

*P. nicotianae* infecta las plantas, fundamentalmente, al depositarse esporangios en la parte blanca de la base de las hojas. Los síntomas de la pudrición por *Phytophthora* son conspicuos y fácilmente distinguibles de los causados por la pudrición por bacterias y la marchitez por el PMWaV.

El manejo de las pudriciones por *Phytophthora* spp. se fundamenta en medidas integradas de manejo cultural, saneamiento y químico, debido a que el patógeno se disemina en los hijos procedentes de plantaciones infectadas y a partir de la presencia del patógeno en los restos vegetativos de la cosecha anterior que garantizan la infección de las plantas. Para el establecimiento de nuevas plantaciones, la desinfección y la protección de los hijos son importantes en el manejo de la enfermedad.

Diferentes grupos químicos de fungicidas tienen efecto sobre los *Oomycetes* (6). Para el control de *Phytophthora* spp. en piña, se utiliza, internacionalmente, el metalaxyl y su isómero mefenoxam, el fosetyl Al y los etil fosfonatos (4,5,7). Hasta el presente, en Cuba se desinfectan las posturas de piña con fosetyl Al y ha se evidenciado éxito en el control de *Phytophthora* en suelos ferralíticos rojos de la región del Municipio Venezuela, al sur de la provincia Ciego de Ávila. El fosetyl Al está involucrado en la inhibición de procesos del metabolismo de aminoácidos y la composición de proteínas e induce la formación de fitoalexinas (6,8). El metalaxyl y su isómero activo, el mefenoxam, inhiben la síntesis de rRNA polimerasa I específica de los *Oomycetes* (9). Aunque se utilizan tratamientos al suelo de *Trichoderma harzianum* Rifai A34 durante el establecimiento de las plantaciones, la reducción de las poblaciones en el suelo no es suficiente y la incidencia de la enfermedad es elevada durante el ciclo del cultivo, por lo que se realizan aplicaciones repetidamente de metalaxyl y fosetyl Al, que aumentan el riesgo

de selección de poblaciones con sensibilidad reducida o resistencia a estos fungicidas.

Existen otras moléculas con actividad fungicida sobre *Oomycetes* y diferentes mecanismos de acción: el propamocarb, que pertenece al grupo de los carbamatos, inhibe la permeabilidad de la membrana celular de los hongos y la síntesis de ácidos grasos (6). El mandipropamid, perteneciente a las amidas del ácido carboxílico, inhibe la biosíntesis de fosfolípidos en la membrana celular y la deposición de la membrana celular (10). El azoxystrobin y el fenamidone son inhibidores del transporte de electrones en el citocromo bc1 (ubiquinol oxidasa) en el sitio Qo (11,12). El fluopicolide es un derivado de los acylpicolides con un novedoso mecanismo de acción, basado en la inhibición de la producción de espectrinas, que son proteínas relacionadas al esqueleto celular (13,14,15,16). El acybenzolar-S-methyl, ASM o BTH, induce SAR (del inglés Systemic Acquired Resistance) y está asociado con la expresión sistémica de genes de defensa y a la acción de proteínas PR vinculadas a la resistencia en diversas plantas (17,18,19,20,21,22,23). En Cuba hay antecedentes de su uso para el control del moho azul del tabaco (24).

Los mecanismos de acción de estas nuevas moléculas son diferentes a los del metalaxyl y el fosetyl Al, utilizados rutinariamente para el manejo de la pudrición por *Phytophthora* en piña y no existe resistencia cruzada entre ellos. Por lo tanto, constituyen candidatos interesantes a ser estudiados para el control de la enfermedad, con vistas a obtener más alternativas de rotación para disminuir el riesgo de pérdidas por selección de poblaciones resistentes.

El objetivo del presente estudio fue demostrar la eficacia de diferentes fungicidas sistémicos de nuevas familias químicas, e inductores de resistencia, para el control de *P. nicotianae* var. *parasítica*, en la desinfección y la protección de hijos de piña MD2 utilizados para plantar.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrollaron dos ensayos en área de las fincas de la variedad de piña MD2 de la Empresa Ceballos, situada en Raúl Martínez, municipio Venezuela en Ciego de Ávila, Cuba.

### *Procedimientos generales para ambos ensayos*

Los ensayos se plantaron utilizando un diseño de bloque al azar con cuatro repeticiones; cada parcela elemental se plantó con 100 hijos, tomados de lotes cosechados de piña MD2 previamente diagnosticados con alta incidencia de *P. nicotianae* y libres de casos de PMWaV. Los lotes utilizados para establecer los experimentos se ubicaron en campos plantados previamente de piña MD2, donde hubo presencia de la pudrición del corazón por *P. nicotianae*.

En ambos ensayos, los hijos de piña se trataron por inmersión en tanques de 378 L de capacidad, con 100 L de solución fungicida. En el primer ensayo, los tratamientos se realizaron durante 5 min; en el segundo, el tiempo de inmersión se redujo a 2 min.

Las condiciones de fertilización y riego se mantuvieron de acuerdo a la tecnología del cultivo para la exportación de frutas. En ningún caso se aplicaron fungicidas antes de la finalización de las evaluaciones en ambos ensayos.

### *Primer ensayo:*

El primer ensayo se plantó el 26 de junio de

**TABLA 1.** Fungicidas y concentraciones estudiadas en el primer ensayo. Tratamiento por inmersión durante cinco minutos. / *Fungicides and concentrations studied in the first trial. (Dipping for 5 minutes).*

No.	Fungicidas	Ingrediente activo /100 l de agua
1.	azoxystrobin	12,5 g
2.	azoxystrobin	25 g
3.	azoxystrobin + acybenzolar S methyl (ASM)	12,5 g + 10 g
4.	azoxystrobin + acybenzolar S methyl (ASM)	12,5 g + 15 g
5.	ASM	15 g
6.	mefenoxam + mancozeb	120 + 1920 g
7.	azoxystrobin + cyproconazol	15 g + 6 g
8.	fosetyl Al + diazinon (Standard)	200 g + 75 g
9.	Testigo no tratado inmerso en agua	-

2012 y en la [Tabla 1](#) aparecen las variantes utilizadas.

### *Segundo ensayo:*

El segundo ensayo se estableció el 20 de noviembre de 2012, en la [Tabla 2](#) aparecen las variantes experimentales.

*Evaluaciones:* en ambos ensayos, las evaluaciones se realizaron sobre las 100 plantas de la parcela. En el primer ensayo se evaluó semanalmente hasta los 95 días de edad del cultivo; en el segundo las evaluaciones se continuaron hasta los 110 días de edad. En ambos experimentos se evaluó el porcentaje de plantas con *Phytophthora*. Los datos de plantas afectadas con *Phytophthora* se acumularon hasta el final de los ensayos como porcentaje del total de plantas enfermas.

Los datos de porcentaje de plantas enfermas se sometieron a un análisis no paramétrico Kruskal-Wallis para comparar muestras independientes y la prueba de Mann Whitney 2 a 2 para determinar las diferencias.

## RESULTADOS

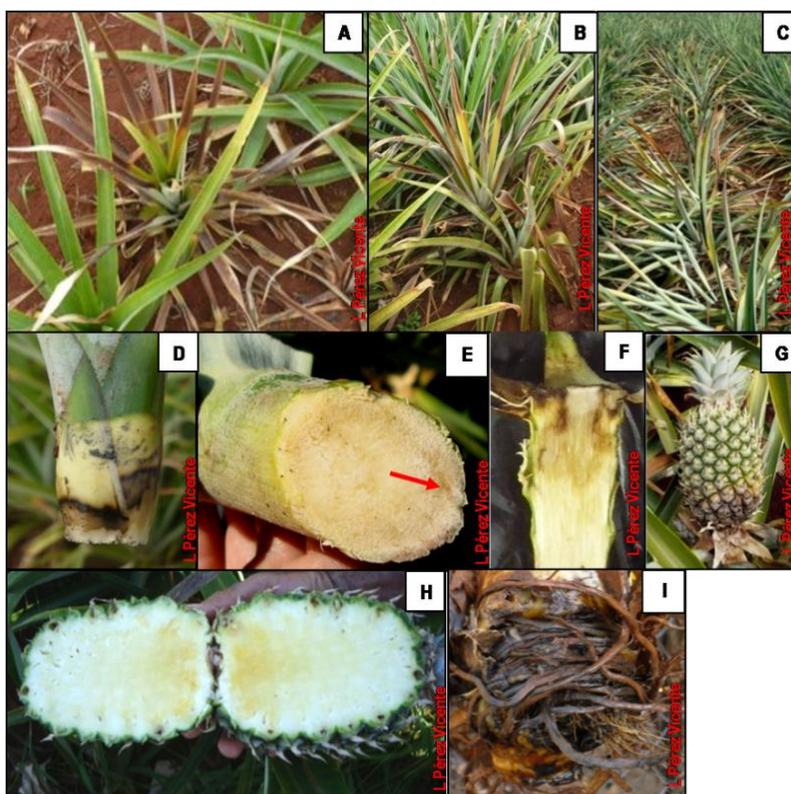
Los síntomas de la pudrición del corazón por *P. nicotianae* que presentaron las plantas en las zonas donde se efectuó el estudio aparecen en la [Figura 1](#) (A-I).

### *Primer ensayo*

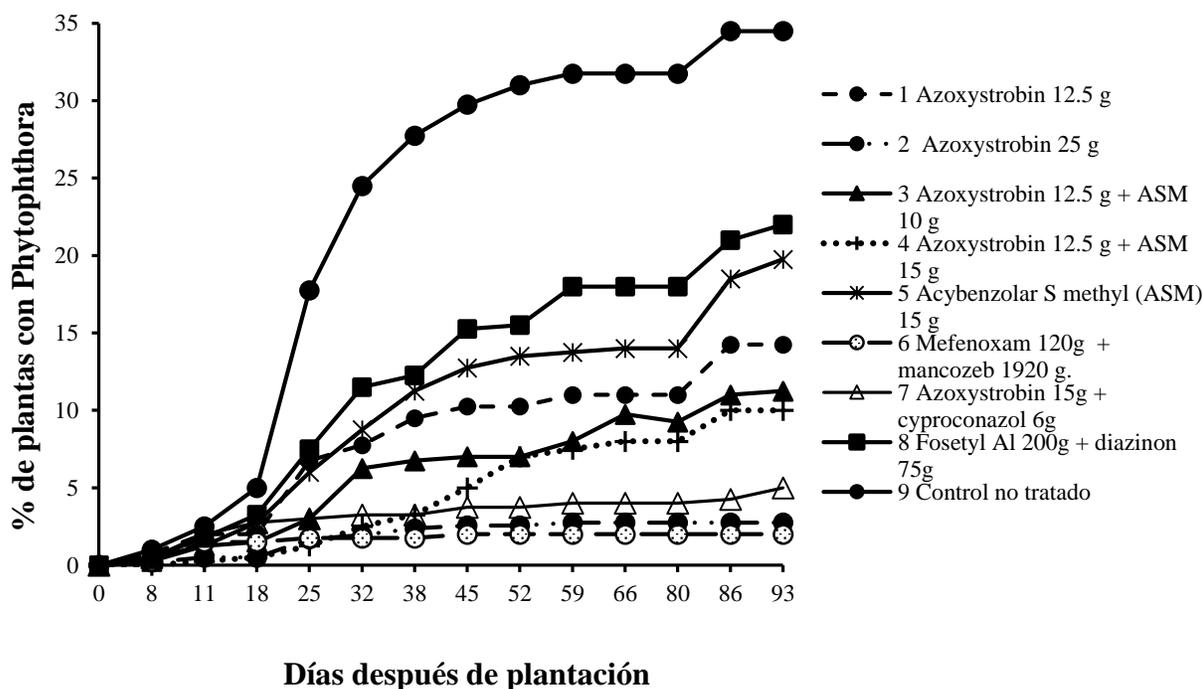
En los diferentes tratamientos en el primer ensayo, las curvas de la infección acumulada aparecen en la [Figura 2](#) y los valores finales de

**TABLA 2.** Fungicidas y concentraciones estudiados en el segundo ensayo. Tratamiento por inmersión durante dos minutos. / *Fungicides and concentration studied in the second trial. (Dipping for 2 minutes).*

No.	Productos	Ingrediente activo /100 L agua
1.	Azoxystrobin	25g
2.	Mefenoxam + mancozeb	100g + 1600g
3.	Tiamethoxam + fludioxonil + difenoconazol	262,5g + 25g + 25g
4.	Fluopicolide + propamocarb	7,5g + 75g
5.	Fluopicolide + propamocarb	12,5g + 125g
6.	Propamocarb + fosetyl Al	53g + 310g
7.	Propamocarb + fosetyl Al	106g + 620g
8.	Mandipropamid	125g
9.	Mandipropamid	25g
10.	Fenamidone + fosetyl Al	44,4g + 667g
11.	Fenamidone + fosetyl Al	68,6g + 1031,2g
12.	Fosetyl Al + diazinon	200g + 75g
13.	Testigo no tratado inmerso en agua	Inmersión 5 min.



**FIGURA 1.** A y B) plantas de piña MD2 con pudrición del corazón por *P. nicotianae*; C) transmisión a lo largo de las plantas de un surco; D) necrosis de la base de las hojas afectadas (punto usual de inicio de la infección); E y F) transmisión de la infección por el pedúnculo de un fruto; G) necrosis externa del fruto; H) síntomas de la pudrición interna del fruto; I) raíces necrosadas. / *A and B) pineapple plants MD2 with heart rot by P. nicotianae; C) transmission along the plants of a furrow; D) necrosis of the base of the affected leaves (usual point of onset of infection); E and F) transmission of infection by the peduncle of a fruit; G) external necrosis of the fruit; H) symptoms of internal rot of the fruit; I) necrotic roots.*



**FIGURA 2.** Curvas del número acumulado de plantas infectadas por *Phytophthora* en los diferentes tratamientos en el primer ensayo. / *Curves of the accumulated number of plants infected by Phytophthora in the different treatments in the first trial.*

acumulados de infección aparecen en la [Tabla 3](#). En este ensayo, la infección final de la parcela testigo sin tratamiento fue del 34,46 % y la eficacia del tratamiento estándar con fosetyl Al + diazinon al final del experimento fue de 36 %.

Los mejores valores de control los ofrecieron las variantes con mfenoxam 120g + mancozeb 1920g/100L de agua, azoxystrobin a la concentración de 25 g /100L de agua y el azoxystrobin 6g + cyproconazol 15g /100 L de agua, quienes mantuvieron la infección por debajo del 3 % durante los tres meses en que transcurrió el ensayo y resultaron todos significativamente superiores a la variante testigo.

El tratamiento con mfenoxam + mancozeb fue significativamente superior al tratamiento estándar con fosetyl Al + diazinona, que es la concentración de uso recomendada. La eficacia de este tratamiento, superior al 94 % con relación al testigo no tratado, se mantuvo

durante todo el ensayo y las plantas mostraron un buen desarrollo.

El tratamiento con azoxystrobin, a la concentración de 25 g/100L de agua, mantuvo un nivel de infección similar al explicado para el mfenoxam + mancozeb y una eficacia al final de las evaluaciones superior al 90 %. La concentración de 12,5 g de azoxystrobin/100L de agua mostró una eficacia inferior a la dosis de 25g/L, pero comparable a la del estándar fosetyl Al. El tratamiento con azoxystrobin 6g + cyproconazol 15g/ 100 L de agua mostró un buen nivel de control de la enfermedad en el primer ensayo. Sin embargo, los datos de la eficacia con concentraciones más altas en el segundo ensayo ([Tabla 4](#)) no permiten prever que esta concentración pueda ser eficaz bajo condiciones de alto fondo de infección. El cyproconazol es un triazol (inhibidor de la C14 $\alpha$ demetilasa en la ruta metabólica del ergosterol en las membranas) y

**TABLA 3.** Porcentaje acumulado de plantas infectadas a los 93 días después de la plantación (ddp). / *Cumulative percentage of infected plants at 93 days after planting (dap).*

No.	Productos (i.a. en 100 L de agua)	Porcentaje de plantas infectadas a los 93 ddp	
		Media <sup>(1)</sup>	Dif. p<0.1 <sup>(2)</sup>
6	Mefenoxam 120 g + mancozeb 1920 g	1,98	a
2	Azoxystrobin 25g	3,43	ab
7	Azoxystrobin 15g + cyproconazol 6g	5,03	ab
3	Azoxystrobin 12,5g + ASM 10g	11,29	abc
4	Azoxystrobin 12,5 g + ASM 15 g	11,31	abc
5	ASM 15g	16,20	abc
1	Azoxystrobin 12,5g	18,97	abc
8	Fosetyl Al 200g + diazinon 75 g (estandar)	22,05	bc
9	Testigo no tratado sumergido en agua	34,46	c

<sup>(1)</sup> Media de cuatro repeticiones. Diferencias significativas entre medias con  $p=0.047$

<sup>(2)</sup> Letras diferentes significan diferencias significativas según test de Mann Whitney 2 a 2

**TABLA 4.** Porcentaje acumulado de plantas infectadas a los 110 días después de la plantación (ddp). / *Cumulative percentage of infected plants at 110 days after planting (dap).*

No.	Productos/ ia. en 100 L de agua	% de plantas infectadas a los 110 ddp	
		Media <sup>(1)</sup>	Dif. p<0.05 <sup>(2)</sup>
8	Mandipropamid 125g	1,00	a
2	Mefenoxam 100g + mancozeb 1600g	1,00	a
4	Fluopicolide 12,5g + propamocarb 125 g	1,25	a
11	Fenamidone 68,6g + fosetyl AL 1031,2g	1,50	ab
9	Fenamidone 44,4g + fosetyl AL 667g	1,56	ab
7	Mandipropamid 25g	2,75	ab
6	Propamocarb 106g + fosetyl Al 620g	5,00	ab
11	Fosetyl Al 200g + diazinon 75g	6,75	ab
1	Azoxystrobin 25g	8,25	ab
5	Propamocarb 53g + fosetyl Al 310g	10,00	ab
3	Fluopicolide 7,5g + propamocarb 75g	10,50	b
12	Testigo no tratado	17,75	b

<sup>(1)</sup> Media de cuatro repeticiones. Diferencias significativas entre medias con  $p=0.012$

<sup>(2)</sup> Letras diferentes significan diferencias significativas según test de Mann Whitney

no tienen eficacia sobre los *Oomycetes* (25), por lo que se justifica su empleo solo en el caso de que hubiese antecedentes de afectaciones por *C. paradoxa* u otros patógenos sensibles a los triazoles.

El tratamiento con ASM, a las concentraciones de 15 g/100 L de agua, resultó altamente fitotóxico a las plantas. Los síntomas de fitotoxicidad fueron moteados, clorosis, enanismo y deformaciones del limbo. Igualmente sucedió en las parcelas tratadas con mezclas del ASM con el azoxystrobin. En las parcelas tratadas con ASM y sus mezclas con los fungicidas, la proporción de plantas infectadas fue inferior a la del testigo no tratado y a la del tratamiento estándar. A pesar de la fitotoxicidad encontrada, las plantas recuperaron su desarrollo y produjeron frutas normales al final del experimento.

#### Segundo ensayo

En el segundo ensayo (Fig. 3; Tabla 4), la infección acumulada de la parcela testigo no tratada alcanzó un 17,8 % y la eficacia del tratamiento estándar de fosetyl + diazinon de acuerdo a la infección acumulada fue de 62 %.

En este ensayo los mejores resultados se obtuvieron con el mfenoxam + mancozeb a la concentración utilizada, con el mandipropamid a las dos concentraciones de 25 g y 125 g/100 L de agua, el fenamidone + fosetyl Al a las concentraciones de 44 g + 667g y 68 g + 1031g /100 L de agua respectivamente, y el fluopicolide 12,5g + propamocarb 125 g/100 L de agua.

Con el tratamiento con mfenoxam + mancozeb se repitieron los resultados del primer ensayo, aun cuando las dosis de ingrediente activo fueron menores. El mfenoxam mostró una buena compatibilidad con el cultivo, así como una excelente actividad sistémica en planta y la eficacia en la reducción de la infección con relación al testigo fue de 94,3 %. Los tratamientos con mandipropamid, a las concentraciones de 25 y 125 g/100 L de agua, mostraron una alta acción inhibitoria de la enfermedad durante toda la duración del

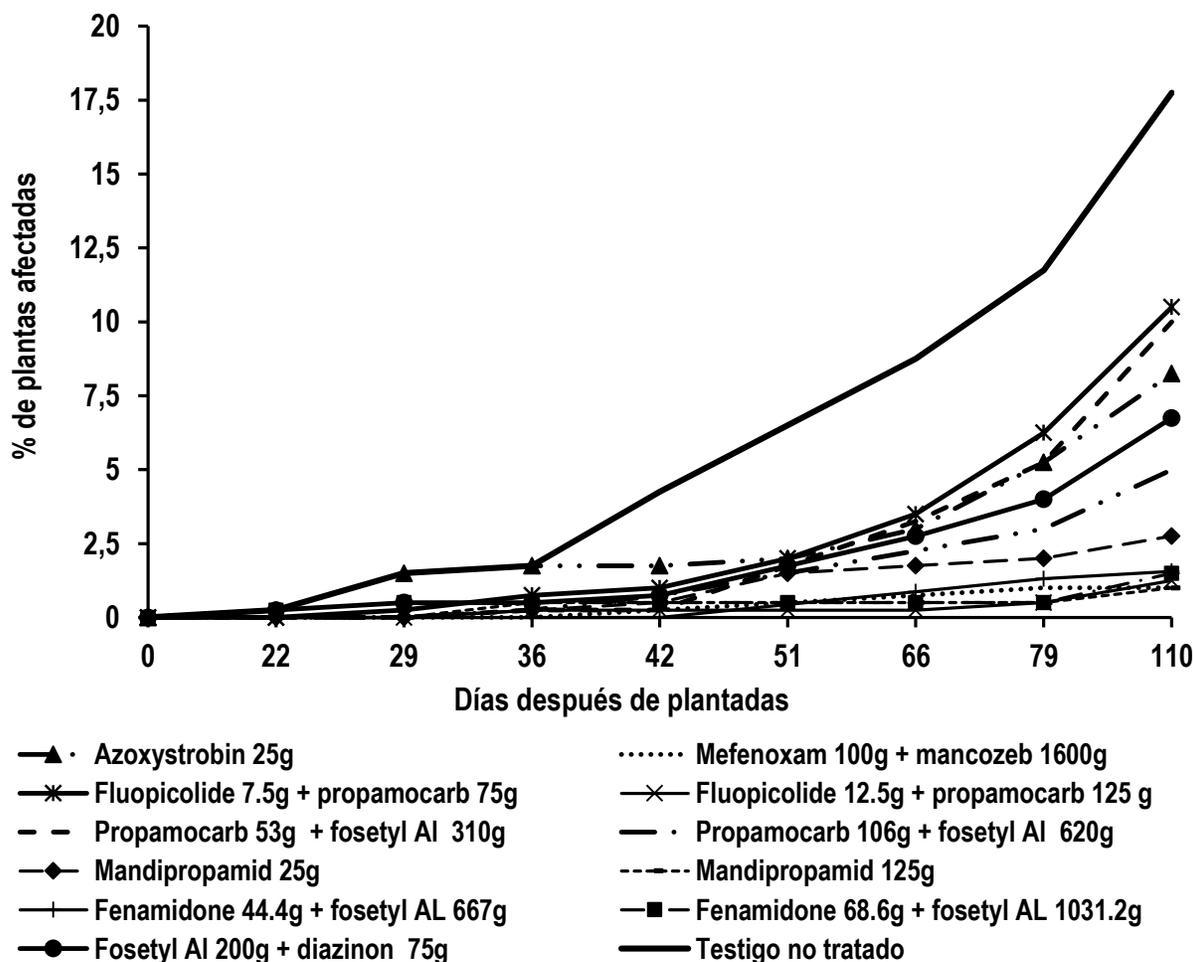
ensayo, sin diferencias significativas con las del mfenoxam + mancozeb, del fluopicolide 12,5 g + propamocarb 125 g y del fenamidone, a las dos concentraciones estudiadas. La dosis de 125 g de mandipropamid resultó significativamente superior al tratamiento con fluopicolide+propamocarb a la dosis de 7,5 g + 75g y al testigo no tratado y tuvo una eficacia final del 94,3% similar al del tratamiento con mfenoxam + mancozeb.

Los tratamientos con fenamidone + fosetyl Al, a ambas concentraciones, brindaron un control casi total de la enfermedad, sin diferencias significativas con las del mfenoxam + mancozeb y del mandipropamid, los que mostraron una eficacia final de 91 y 91,2 %, respectivamente. Es interesante estudiar la eficacia de este fungicida a una dosis más baja en ensayos futuros. Los resultados, por lo pronto, indican una buena eficacia de la concentración de 44 g de fenamidone + 667 g de fosetyl Al/100 L de agua.

El tratamiento con fluopicolide de 12 g + 125 g de propamocarb H/100L de agua mostró una eficacia comparada a la del mfenoxam. El tratamiento con fluopicolide + propamocarb (7,5g + 75g de /100 L de agua) resultó insuficiente para garantizar el control de la enfermedad y terminó con una severidad final del ataque superior al del tratamiento con 250 g de fosetyl Al/100 L de agua.

El tratamiento con propamocarb + fosetyl Al (106g + 62 g/100L de agua) mostró valores de incidencia de la enfermedad superior al del fosetyl Al utilizado como estándar y una eficacia de 71,8 %.

A la concentración de 25 g/100 L de agua, el azoxystrobin mostró una eficacia de 53,6 % similar al estándar fosetyl Al y muy inferior a la obtenida en el primer ensayo donde los niveles de infección de la parcela testigo fueron más elevados. El azoxystrobin (de la familia de los metoxyacrilatos) y el fenamidone (imidazolinona) pertenecen al grupo de los inhibidores del transporte de electrones en el citocromo bc1, por lo que ambos pertenecen al grupo de los QoI's (inhibidores del transporte



**FIGURA 3.** Curvas del número acumulado de plantas infectadas por *Phytophthora* en los diferentes tratamientos en el segundo ensayo. / *Curves of the accumulated number of plants infected by Phytophthora in the different treatments in the second trial.*

de electrones en la ubiquinona), con un amplio espectro de acción que incluye los *Oomycetes* (26). La concentración utilizada de azoxystrobin en el ensayo fue 44 % más baja que las del fenamidone en mezcla con el fosetyl Al. Bajo fuerte presión de infección puede ser necesario utilizar una concentración superior a 40 g de azoxystrobin, equivalente a la que se utilizó para el fenamidone en el ensayo. Tanto el fenamidone como el azoxystrobin poseen los mismos mecanismos de acción, por lo que pueden presentar riesgo de resistencia cruzada.

El tratamiento con propamocarb 106 g + fosetyl Al 62 g /100L de agua mostró un efecto similar al del estándar fosetyl Al. El

propamocarb tiene un mejor efecto sistémico cuando es absorbido por las raíces (6). En la estrategia de control debiera ser aplicado en grandes volúmenes de solución final durante las primeras etapas del cultivo, para que pueda ser mejor absorbido por las raíces. La concentración más baja resultó insuficiente para el control de la enfermedad.

## DISCUSIÓN

Los resultados de las evaluaciones realizadas se corresponden totalmente con las plantas infectadas por *P. nicotianae*. En el cultivo de la piña a nivel mundial inciden tres patologías que pueden causar marchitez y pudrición en

diferentes órganos de las plantas: a) las pudriciones del corazón y de raíces por *P. nicotianae* y de raíces por *P. cinnamomi* (la presencia de este no ha sido documentada hasta el presente en las plantaciones de piña MD2 en Cuba). *P. nicotianae* estuvo ampliamente distribuido en los lotes de donde se obtuvieron hijuelos para los tratamientos experimentales, así como en el cultivo de piña MD2 previo en las áreas donde se plantaron los experimentos; b) la bacteriosis causada por *Erwinia chrysanthemi* (Burkh.) Young *et al.* que incide, fundamentalmente, en las fases floración y reproducción (seis meses de edad), presenta la liberación de un fluido copioso y gas en frutas y ampollas en las hojas; cuando afecta las plantas, la pudrición es húmeda y muy mal oliente. No se han encontrado síntomas similares a los descritos ni cepas de *E. chrysanthemi* patogénicas en las variedades de piña cultivadas en Cuba. c) el complejo de ampelovirus PMWaV en Cuba está ampliamente difundido en las plantaciones de la variedad Española roja, pero en la MD2 se presenta en baja frecuencia por el nivel de protección con insecticidas que recibe para el control de cochinillas y hormigas para poder exportar fruta. Las plantas infectadas de MD2 muestran síntomas ligeramente diferentes al resto de las variedades, caracterizados por retardo del crecimiento, enanismo y declinamiento que termina en ocasiones en la muerte de la planta. Frecuentemente no se presenta el color rojizo en las hojas que caracteriza la infección en otras variedades.

Por otro lado, los resultados con fungicidas sistémicos que inhiben específicamente oomycetes y no hongos, demuestran que las afectaciones evaluadas en los estudios se refieren a *P. nicotianae*. Como la enfermedad (similarmente a como ocurre en otros patógenos del suelo) es irregular en el campo, se determinó trabajar con parcelas muy grandes (100 plantas) replicadas cuatro veces. A pesar de esto, los valores de infección en las parcelas experimentales mostraron una alta dispersión en todas las variantes. El patosistema *P.*

*nicotianae* var. *parasitica*- *Ananas comosus* presenta tres factores que pueden inducir variación en los niveles de infección en los lotes experimentales: 1) distribución (uniformidad) y severidad de la infección por *Phytophthora* en el campo de donde se obtuvo la semilla; 2) intensidad y uniformidad del inóculo en el suelo donde se plantó y 3) nivelación del suelo y drenaje superficial e interno del campo (en los sitios de mal drenaje o con depresiones, la infección es muy severa).

Estos factores afectan de forma decisiva la uniformidad de la infección en el campo y, en especial, de las variantes de mayor eficacia donde aparecen esporádicamente plantas enfermas. Por otro lado, también indican la necesidad de mantener medidas culturales en un sistema de manejo integrado de la enfermedad, como son: a) saneamiento de plantas infectadas y una zona buffer alrededor de estas previo al saque de hijos de siembra para reducir la probabilidad de plantar hijos infectados, pues los fungicidas sistémicos son más eficientes cuando se utilizan en tratamiento preventivo que en terapéuticos; b) mejoramiento de la nivelación del terreno, los drenajes y el aireamiento del suelo en el área de las raíces y c) tratamientos foliares con altos volúmenes de solución final, para garantizar la penetración del fungicida a las bases de las hojas durante la etapa de crecimiento vegetativo, para disminuir la infección secundaria.

En ambos ensayos la eficacia del tratamiento estándar con fosetyl Al + diazinon resultó baja, lo que indica la necesidad de buscar sustitutos en el programa de desinfección de hijos para plantar.

El mefenoxam + mancozeb (100 + 1600 g/100 L de agua), el mandipropamid (125 g/100 L de agua), el fenamidone (44 g + fosetyl Al 667 g/100 L de agua); el azoxystrobin ( 25 g /100 L de agua); el fluopycolide (12,5) + propamocarb (125 g/ 100 L de agua) y el propamocarb + fosetyl Al (200 ml/100 L de agua), resultaron superiores al fosetyl Al (a la concentración utilizada como estándar) y pueden ser considerada su inclusión en la

estrategia de manejo de *Phytophthora* spp. en piña. Mientras que las poblaciones del patógeno mantengan la sensibilidad, los fungicidas del grupo de las acylalaninas, y particularmente el mefenoxam, siguen estando entre los fungicidas más eficaces para el control de *Phytophthora* spp. en el cultivo.

El azoxystrobin y el fenamidone brindaron una eficacia superior al del estándar. No se obtuvieron resultados estables con el azoxystrobin en la desinfección y debe seguir siendo estudiado en ensayos en extensión para confirmar los resultados iniciales.

El ASM y sus mezclas de los fungicidas (concentraciones de 10 y 15 gramos /100 L de agua) indujeron fitotoxicidad a las plantas que se manifestaron como deformaciones de hojas y enanismo. Las dosis utilizadas en el ensayo redujeron el nivel de incidencia de la enfermedad, pero resultaron insuficientes. Para un adecuado control estarían por encima de 15 g/100 L y serían muy fitotóxicas, por lo que no es recomendable su uso en el manejo de la enfermedad en el cultivo.

Los resultados de los ensayos evidenciaron la eficacia en la desinfección de posturas (inmersión durante dos minutos) y de fungicidas con diferentes mecanismos de acción en el control de la pudrición del corazón de la piña por *P. nicotianae*. Estos permiten elaborar una estrategia sostenible de manejo de la enfermedad, basada en saneamiento de plantas enfermas en los lotes para obtener semilla antes de la extracción de hijos, la desinfección de hijuelos para siembra alternando los ingredientes activos para disminuir la selección de poblaciones resistentes y la nivelación y el mejoramiento de los drenajes).

Se recomienda continuar estudios con estos ingredientes activos durante la fase de crecimiento vegetativo hasta la cosecha de la fruta, para determinar la duración de la eficacia y lograr la optimización de los intervalos de tratamientos de las aspersiones foliares.

## CONCLUSIONES

- El tratamiento estándar utilizado para la desinfección de posturas mostró una eficacia baja.
- Con vistas al control de *P. nicotianae* var. *parasitica*, los tratamientos con los fungicidas mefenoxam+mancozeb, mandipropamid, azoxystrobin, fenamidone + propamocarb, fluopicolide + propamocarb y propamocarb + fosetyl Al se pueden utilizar para la desinfección de hijos de piña, y permiten elaborar una estrategia de empleo para reducir el riesgo de selección de poblaciones resistentes
- El azoxystrobin y el fenamidone poseen igual mecanismo de acción y no deben ser utilizados seguidamente en rotación.
- El propamocarb y el fluopicolide presentan un limitado movimiento translaminar a través de aplicaciones foliares. Sin embargo, mediante absorción radical pueden tener una mejor actividad sistémica y no muestran efecto sobre *Trichoderma* spp. Pudieran ser utilizados en aspersiones tempranas con altos volúmenes de caldo para obtener absorción radical. Esto debe ser ensayado en el futuro.
- Los tratamientos con ASM (a las concentraciones evaluadas) resultaron fitotóxicos y brindaron una eficacia inferior al resto de los fungicidas estudiados, por lo que no deben ser utilizados para el tratamiento de hijos de piña.

## REFERENCIAS

1. Hume HH, Miller HK. Pineapple culture. II. Varieties. Bulletin no. 70. University of Florida. Agricultural Experiment Station, Lake City, Fla. 1904: 36-62.
2. MINAG 2015. Resumen estadístico. Acumulado nacional de superficie

- cultivada y producción. Ministerio de la Agricultura. República de Cuba.
- Hernandez-Rodriguez L., Ramos-González PL., Garcia-García G, Zamora V, Peralta-Martin AM, Peña I, Perez JM., Ferriol X, Geographic distribution of mealybug wilt disease of pineapple and genetic diversity of viruses infecting pineapple in Cuba. *Crop Protection*. 2014; 65: 43-50.
  - Rohrbach KG, Schenck S. Control of pineapple heart rot, caused by *Phytophthora parasitica* and *P. cinnamomi*, with metalaxyl, fosetyl Al, and phosphorous acid. *Plant Dis*. 1985; 9: 320-323.
  - Rohrbach KG, Johnson MW. Pests, Diseases and Weeds. (Vol. 9) In: Bartholomew, D.P., Paull, R.E. and K.G. Rohrbach, (eds), *The Pineapple: Botany, Production and Uses*. CAB International. Pp: 205-251. 2003.
  - Schwinn F, Staub T. Oomycetes fungicides. Phenylamides and other fungicides against Oomycetes Chapter 16.1 En: Lyr H, (ed.) *Modern selective fungicides: properties, applications, mechanism of action*. Gustav Fischer. New York. Pp.323-346. 1995.
  - Allen RN, Pegg KG, Forsberg LI, Firth D. Fungicidal control in pineapple and avocado of diseases caused by *Phytophthora cinnamomi*. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 1980; 20(102): 119–124.
  - Bompeix G, Fettouche F, Saurdressand P. Mode d'action du phosétyl Al. *Phytiatr. Phytopharm*. 1980; 30: 257-272.
  - Davidse LC. *Oomycetes* fungicides. Phenylamide fungicides-Biochemical action and resistance. Chapter 16.2. En: Lyr, H, (ed.) *Modern selective fungicides: properties, applications, mechanism of action*. Ed. Gustav Fischer. New York. Pp.: 347-354. 1995.
  - Rubin E, Gotlieb D, Gisi U, Cohen Y. Mutagenesis of *Phytophthora infestans* for resistance against carboxylic acid amide and phenylamide fungicides. *Plant Dis*. 2008; 92: 675-683.
  - Gisi U, Sierotzki H, Cook A, McCaffery A. Mechanisms influencing the evolution of resistance to Qo inhibitor fungicides. *Pest Manag. Sci*. 2002; 58:859–867.
  - Fernández-Ortuño D, Torés J A, de Vicente A., Pérez-García A. Mechanisms of resistance to QoI fungicides in phytopathogenic fungi. *International Microbiology*. 2008; 11:1-9.
  - Toquin V, Barja F, Sirven C, Beffa R. Fluopicolide, a new anti-oomycetes fungicide with a new mode of action inducing perturbation of a spectrin-like protein. In: Krämer W, Schirmer U. (eds.), *Modern Crop Protection Compounds* Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany. 2007. doi: 10.1002/9783527619580.ch19.
  - Toquin V., Barja F, Sirven C, Gamet S, Mauprivez L, Peret P, Latorse M-P, Zundel JL, Schmitt, F, Schmitt M, Lebrun H, Beffa R. Novel tools to identify the mode of action of fungicides as exemplified with fluopicolide. In: Gisi UI, Chet M, Gulino L (eds.) *Recent Developments in Management of Plant Diseases. Plant Pathology in the 21st Century* (Vol. 1). pp 19-36. 2009.
  - Tafforeau S. Fluopicolide, Technical presentation. In: *Memorias del Seminario de Bayer Crop Science sobre fungicidas para el manejo de Oomycetes*. La Habana, 8-10 de Junio, 2010.
  - Hollomon D. New modes of action contribute to disease management. Chapter 9, In *Third TS* (ed.): *Fungicide resistance in crop Protection. Risk and management*. Pp 104-115. CABI, 2012.
  - Kessmann H, Staub T, Ligon J, Oostendorp M, Ryals J. Activation of systemic acquired resistance in plants. *Europ. J. of Plant Pathol*. 1994: 100, 359 – 369.

18. Kessmann H, Staub T, Hoffman C, Maetzke T, Herzog J, Ward E, Uknes S, Ryals J. Induction of systemic acquired resistance in plants by chemicals. *Annu. Rev. of Plant Pathol.* 1994; 12, 439 – 454.
19. Lawton KA, Friedrich L, Hunt M, Weymann K, Delaney T, Kessmann H, Staub T, Ryals J. Benzothiadiazole induces disease resistance in *Arabidopsis* by activation of the systemic acquired resistance signal transduction pathway. *Plant J.* 1996; 10, 71 - 82.
20. Friedrich L., Lawton K, Ruess W, Masner P, Specker N, Gut-Rella M, Meier B, Dincher S, Staub T, Ukness S, Metraux JP, Kessmann H, Ryals J. A benzothiadiazole derivative induces systemic acquired resistance in tobacco. *Plant J.* 1996;10, 61 – 70.
21. Malamy J, Sánchez-Casas P, Henning J, Guo A, Klessig D. Dissection of the salicylic acid signaling pathway in tobacco. *Mol. Plant-Microbe Interactions.* 1996; 9, 474- 482.
22. Kroll A, Brunstedt J, Nielsen J, Kreiberg J, Dalgaard J, Roepstorff P, Nielsen K. Partial characterization and localization of a novel type of antifungal protein (IWF6) isolated from sugar beet leaves. *Plant Sci.* 2000; 159, 29-38.
23. Van Loon LC, Van Strien EA. The families of pathogenesis related proteins, their activities and comparative analysis of PR-1 type proteins. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 2001; 55, 85-97.
24. Perez L, Rodriguez ME, Rodríguez F, Roson C. Efficacy of acybenzolar-S-methyl, an inducer of systemic acquired resistance against tobacco blue mold caused by *Peronospora hyoscyami* de Bary *f. sp. tabacina*. *Crop Protection.* 2002; 22: 405-413.
25. Kuck KH., Scheinflug H, Pontzen H. DMI fungicides. Chapter 12. En: Lyr, H, (Ed.) *Modern selective fungicides: properties, applications, mechanism of action.* Ed. Gustav Fischer. New York. Pp.: 205-258. 1995
26. Sauter H. 13.1 Strobilurins and other complex III inhibitors. In: Krämer W, Schirmer U. (eds.) *Modern Crop Protection Compounds Vol. 3. Part II Fungicides.* WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. Pp 457-496. 2007.