

Evaluación de la eficacia de fungicidas aplicados al suelo y al follaje para el control de mildew veloso, ocasionado por *Peronospora sparsa* en un cultivo comercial de rosa

Evaluation of the effectiveness of fungicides applied to the soil and to the foliage for control of downy mildew caused by *Peronospora sparsa* in a commercial rose farm

Nini Johanna Quiroga B.¹ y Germán Arbeláez T.²

Resumen: Una de las enfermedades más limitantes en los cultivos de rosa colombianos para exportación es el mildew veloso, producido por *Peronospora sparsa*. Dentro de las herramientas más utilizadas para el manejo de la enfermedad es la aplicación de fungicidas, pero poco se conoce sobre su eficacia y la forma de aplicación más efectiva. El objetivo de la investigación fue evaluar la eficacia de las aplicaciones foliares y en aspersión al suelo (“drench”) de los fungicidas dimetomorf, fosetil de aluminio y metalaxil+mancozeb, en comparación con un testigo comercial. El diseño utilizado fue completamente al azar con nueve tratamientos y tres repeticiones. La incidencia y la severidad de la enfermedad fueron evaluadas en las hojas de los estratos inferior, medio y superior de los tallos y se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, así como para la incidencia en tallos y botones florales. Las aplicaciones foliares de los fungicidas mostraron un mayor control de la enfermedad. El control más eficaz se obtuvo con fosetil de aluminio aplicado al follaje. Los tratamientos menos efectivos fueron los fungicidas aplicados al suelo. Ninguno de los fungicidas aplicados afectó la esporulación del patógeno.

Palabras clave: Control químico, incidencia, variedad Charlotte.

Abstract: Roses are the most important ornamental crop grown in Colombia for export. Downy mildew caused by *Peronospora sparsa* represents one of the crop's most limiting diseases. Fungicides are most commonly applied for controlling disease; however, not enough is known about their effectiveness or the most efficient way of applying them. The object of this research was to evaluate the effectiveness of applying dimethomorph, aluminum phosetyl and metalaxyl + mancozeb fungicides to foliage and soil (drench) for disease control, compared to a commercial application. A complete random block statistical design was used, having nine treatments and three replications. Disease incidence and severity on leaves from three stem strata showed statistically significant differences. Treatment on stems and flowers also showed significant differences. Fungicides applied to the foliage presented better disease control. The most effective control was obtained with aluminum phosethyl as active ingredient applied to the foliage. The most ineffective treatments were those consisting of fungicides applied to the soil as a drench. No fungicide had an anti-sporulant effect.

Key words: Chemical control, drench, incidence, Charlotte variety.

Introducción

LAS FLORES DE EXPORTACIÓN constituyen el segundo producto agrícola más importante en Colombia después del café. Las exportaciones para el año 2003 fueron de US\$ 686 millones, siendo el cultivo de rosa el más im-

portante con una participación de 29% de las exportaciones totales (ASOCOLFLORES, 2004).

En los cultivos colombianos de rosa bajo invernadero, los problemas más limitantes son los de tipo sanitario y, actualmente, el mildew veloso ocasionado

Fecha de recepción: 22 de junio de 2004.

Aceptado para publicación: 01 de diciembre de 2004.

1 Ingeniera Agrónoma, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

2 Profesor Titular, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: garbelaczt@unal.edu.co

por *Peronospora sparsa* Berkeley es la enfermedad más limitante debido a la alta susceptibilidad de algunas variedades comerciales.

Esta enfermedad puede producir pérdidas hasta de 100% de los tallos destinados a exportación al afectar su calidad, en variedades susceptibles y en condiciones ambientales muy favorables (Suárez, 1999).

Las condiciones climáticas que requiere *P. sparsa* para la germinación de los esporangios, son temperaturas que oscilan entre 5 y 27° C, con un óptimo de 18° C y un período mínimo de 4 horas de agua libre; para la fase de esporulación se requiere una humedad relativa superior a 85%, las cuales son condiciones que se presentan frecuentemente en los invernaderos de la Sabana de Bogotá (Horst, 1995; Gómez *et al.*, 2002).

Actualmente el manejo de esta enfermedad está basado principalmente en la aplicación de fungicidas, erradicación del material afectado y modificaciones de las condiciones climáticas dentro de los invernaderos. Aunque una de las formas más adecuadas para el manejo de las epidemias es la modificación de la temperatura y la humedad dentro de los invernaderos. Esta medida resulta muy costosa en las condiciones colombianas y, por tanto, no se aplica.

Una de las dificultades en el manejo químico de la enfermedad es el desconocimiento de la eficacia de los fungicidas según su forma de aplicación; la mayor parte de las aplicaciones se hacen en aspersión al follaje, pero también en aspersiones al suelo (“drench”); sin embargo, los volúmenes de agua e ingrediente activo utilizados en las aplicaciones al suelo son mucho mayores y más costosos que los usados en las aspersiones foliares.

Para el control del mildew veloso en rosa, actualmente se encuentran en el mercado diversos fungicidas, pero se han hecho muy pocas investigaciones para evaluar su eficacia y la forma más efectiva de aplicación.

El metalaxil es el fungicida más usado en el mundo para el control de oomicetos (Gisi, 2002). Este fungicida mostró buen control de *Peronospora destructor* en cebolla (Develash y Sugha, 1997). En rosa, inmersiones del patrón “Manetti” con metalaxil redujeron el progreso del mildew veloso (Aegerter *et al.*, 2002). Diversos estudios han mostrado que dimetomorf controla eficientemente

Plasmopara viticola y *Phytophthora infestans*, aplicado al suelo y al follaje (Cohen *et al.*, 1995). Gisi (2002) observó que el fosetil de aluminio controla la mayoría de oomicetos excepto *P. infestans* en papa y tomate.

El objetivo de la investigación fue evaluar la eficacia de cuatro fungicidas comerciales aplicados en aspersión foliar y en forma líquida al suelo (“drench”) para el control del mildew veloso en la variedad Charlotte en condiciones de un invernadero comercial.

Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en un cultivo comercial de rosa, localizado en el municipio de El Rosal (Cundinamarca) y se desarrolló durante los meses de abril y mayo del año 2003.

Para el ensayo se utilizaron 27 unidades experimentales consistentes en parcelas de 11 m de largo x 1 m de ancho con 80 plantas de rosa de la variedad Charlotte, considerada como muy susceptible a la enfermedad, sembradas en doble hilera.

Por cada unidad experimental se escogieron al azar once tallos de diferentes plantas para ser evaluados durante el ensayo. Estos tallos tenían entre 3 y 5 hojas y estaban localizados en la zona productiva de las plantas. Al iniciar al experimento, los tallos escogidos tenían una incidencia de folíolos afectados de 9% en promedio.

Las variables evaluadas en estos tallos fueron: incidencia de la enfermedad en folíolos, severidad en el folíolo apical de cada hoja, incidencia en botones florales y en tallos. También se midió la esporulación del patógeno en folíolos puestos en cajas de Petri con papel toalla humedecido.

La incidencia en las hojas se evaluó como el número de folíolos con síntomas o signos de la enfermedad. La severidad de la enfermedad se estimó únicamente en el folíolo apical según el porcentaje de área afectada, así: grado 0 = 0%, grado 1 = 1-25%, grado 2 = 26-50%, grado 3 = 51-75% y grado 4 = 76-100%. En total se hicieron 11 evaluaciones para estas dos variables, cada una de las cuales, se tomaba al tercer día después de cada aplicación de los fungicidas. La incidencia de la enfermedad en botones y en tallos se tomó en la décima primera evaluación, es decir, después de la última aplicación de los fungicidas.

Para evaluar el efecto antiesporulante de los fungicidas, se tomaron muestras foliares de cada parcela experimental (ocho hojas por parcela), que presentaban síntomas de la enfermedad pero sin esporulación aparente. Los folíolos se pusieron en cajas de Petri con papel toalla humedecido en una incubadora a 18° C para inducir esporulación del patógeno, la cual se evaluó a los tres días. Este procedimiento se siguió seis veces durante el ensayo.

Cuatro fungicidas aplicados al follaje y al suelo fueron evaluados en la investigación (Tabla 1). Para evitar el efecto de residuos de aplicaciones anteriores a la iniciación del ensayo, no se hizo ninguna aplicación de fungicidas durante 14 días. Las aplicaciones fueron cada cuatro días durante cinco semanas, para un total de nueve aplicaciones, excepto en el testigo comercial, que correspondió a la aplicación de los fungicidas comercialmente utilizados por la finca.

Para la aplicación de los fungicidas se utilizó una bomba móvil, marca Maruyama, modelo MS330 y una lanza japonesa. Para las aspersiones foliares se utilizaron 3 boquillas D.35 y para las aplicaciones al suelo no se utilizó ninguna boquilla.

Al día siguiente de la última aplicación de los fungicidas, se recolectaron hojas de las plantas tratadas, las cuales presentaban signos y síntomas de la enfermedad, se llevaron al laboratorio y se observaron al microscopio para evaluar el efecto de los tratamientos sobre los esporangióforos y esporangios del patógeno.

El diseño aplicado fue completamente al azar con tres repeticiones y el análisis de los datos se hizo con el pro-

cedimiento Mixed del programa SAS, versión 8.2. La incidencia, la severidad y la presencia de esporulación se analizaron por el método de área bajo la curva (ABC) de progreso de la enfermedad. Todas las variables fueron sometidas a análisis de varianza y las pruebas se hicieron con una confiabilidad de 95%.

Las interacciones entre las variables fueron identificadas con la opción Slice del procedimiento Mixed del programa SAS y las comparaciones de los promedios de los tratamientos de las variables incidencia y severidad se hicieron por medio de pruebas de t-student protegidas por Fischer.

La incidencia y la severidad de la enfermedad se analizaron en tres estratos de los tallos; el estrato uno (estrato inferior) correspondió a las tres primeras hojas (hojas maduras), el estrato dos (estrato medio) a las hojas número 4, 5 y 6 y el estrato tres (estrato superior) contenía el resto de hojas presentes, es decir, de la hoja 7 en adelante (hojas jóvenes); esto se hizo debido a que la incidencia y la severidad de la enfermedad varían según los estratos de los tallos. La cantidad de enfermedad acumulada en el tiempo para cada estrato se promedió y las comparaciones entre estratos se hicieron con pruebas de t-student.

Un análisis de correlación entre la incidencia y la severidad de la enfermedad se hizo con la prueba de Spearman. La variable incidencia en botones y tallos se analizó con una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y para detectar las diferencias entre los distintos tratamientos se aplicó la prueba de Tukey. Los tallos que no llegaron a formar botón floral porque la enfermedad los afectó en estado vegetativo, de tal forma

Tabla 1. Fungicidas aplicados durante la investigación.

Ingrediente activo (i.a)	% de i.a	Forma de aplicación	Dosis (g·l ⁻¹ de agua)*	Volumen (agua·parcela ⁻¹)	Nombre comercial
Dimetomorf	50	Follaje	0.6	3 litros	Forum® 500WP (BASF)
Dimetomorf	50	Suelo	0.6	30 litros	Forum® 500WP (BASF)
Fosetil de aluminio	80	Follaje	1.5	3 litros	Aliette® 80WP (BayerCropScience)
Fosetil de aluminio	80	Suelo	1.5	30 litros	Aliette® 80WP (BayerCropScience)
Metalaxil + Mancozeb	4 - 64	Follaje	3.0	3 litros	Ridomil® Gold68WP (Syngenta)
Metalaxil + Mancozeb	4 - 64	Suelo	3.0	3 litros	Ridomil® Gold68WP (Syngenta)
Fosetil de aluminio	80	Follaje	1.5	3 litros	Fosetal® 80WP (Químicos OMA)
Fosetil de aluminio	80	Suelo	1.5	3 litros	Fosetal® 80WP (Químicos OMA)
Testigo comercial	--	----	--	---	-----

* Dosis de producto comercial.

que su crecimiento se disminuyó, se analizaron también con el método de Kruskal Wallis y se aplicó una prueba de Tukey.

Resultados

Incidencia de la enfermedad

Aunque algunos tratamientos mostraron niveles más bajos de enfermedad, ninguno la redujo de manera apreciable, ya que la incidencia final de los folíolos tuvo un promedio de 66% mientras que al iniciar el ensayo era apenas de 8%.

Para la variable incidencia de la enfermedad se obtuvieron diferencias significativas para los tratamientos con fungicidas ($P=0.005$). Entre los tres estratos de los tallos también se encontraron diferencias significativas ($P<0.0001$) de manera similar a la interacción tratamiento con fungicidas con estratos de los tallos ($P=0.008$).

En la Figura 1 se observan las diferencias entre los tratamientos para incidencia, los cuales son un promedio de la cantidad de enfermedad en los tres estratos de la planta. La menor incidencia se obtuvo con las aplicaciones foliares de fosetil de aluminio, que mostraron diferencias significativas con las aplicaciones al suelo de los fungicidas utilizados. Dentro de las aspersiones foliares se encontraron diferencias significativas entre fosetil de aluminio (Aliette® 80WP) y metalaxil + mancozeb. El tratamiento que presentó los valores

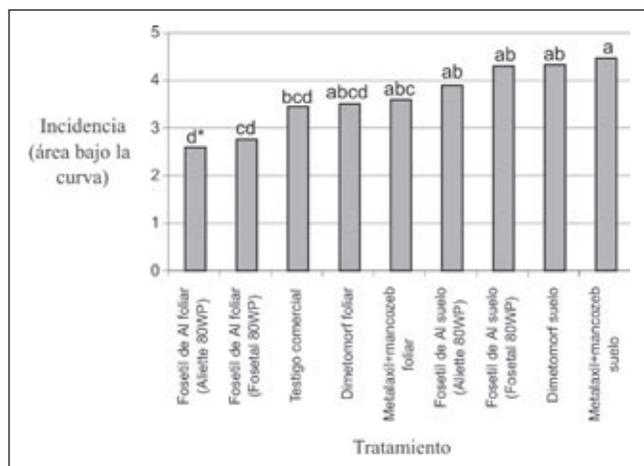


Figura 1. Incidencia promedio de mildew veloso en los tres estratos.

* Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias significativas ($P=0.05$) para la prueba de t-student protegida por Fischer.

más altos de incidencia fue metalaxil + mancozeb aplicado al suelo.

Entre las aplicaciones foliares y al suelo del mismo fungicida no se encontraron diferencias significativas, excepto para el caso de fosetil de aluminio donde se observaron diferencias significativas entre las aplicaciones al suelo y al follaje (Figura 1).

La parte inferior de los tallos evaluados (estrato 1) exhibió en promedio la mayor cantidad de enfermedad para todos los tratamientos; le siguió el estrato dos, el cual corresponde a la parte media de los tallos. El estrato tres, o sea la parte más joven de los tallos, fue el que presentó la menor incidencia de la enfermedad (Tabla 2).

Tabla 2. Incidencia y severidad de mildew veloso según el estrato de los tallos.

Estrato de los tallos	Incidencia (ABC*)	Severidad (ABC*)
Estrato 1 (Inferior)	5.9 a**	409 a**
Estrato 2 (medio)	3.8 b	195 b
Estrato 3 (superior)	1.3 c	55 c

*Área bajo la curva.

** Tratamientos con diferente letra presentan diferencias significativas ($P=0.05$) para la prueba de t-student protegida por Fischer.

Para la interacción tratamiento con fungicidas y estratos de los tallos se encontraron diferencias significativas en los estratos uno ($P=0.0030$) y dos ($P=0.0001$); para el estrato tres, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados ($P=0.09$), es decir, que en este estrato todos los tratamientos tuvieron la misma efectividad.

En el estrato uno, los tratamientos que permitieron observar la menor incidencia fueron las aplicaciones foliares de metalaxil + mancozeb y las de fosetil de aluminio (Aliette® 80WP y Fosetal® 80WP). El control más deficiente se obtuvo con dimetomorf aplicado al suelo. Los tratamientos con fosetil de aluminio (Fosetal® 80WP) y metalaxil + mancozeb aplicados al suelo presentaron un control poco efectivo. Los tratamientos con dimetomorf foliar, fosetil de aluminio (Aliette® 80WP) aplicado al suelo y el testigo comercial presentaron unos valores medios de incidencia (Figura 2).

En el estrato dos de los tallos, los tratamientos que exhibieron la menor incidencia en hojas fueron aquellos en los que se utilizó fosetil de aluminio aplicado al

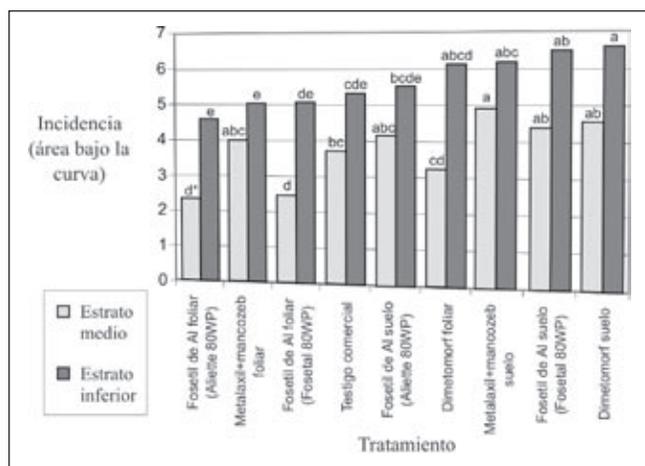


Figura 2. Incidencia de mildeo veloso en los estratos inferior y medio de los tallos.

* Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias significativas ($P=0.05$) para la prueba de t-student protegida por Fischer.

foliaje. El tratamiento con dimetomorf foliar, aunque presentó valores de incidencia más altos que los tratamientos con fosetil de aluminio aplicado al follaje, no mostró diferencias significativas con ellos. El tratamiento que mostró los valores más altos de incidencia fue metalaxil + mancozeb aplicado al suelo. El testigo comercial mostró valores medios de incidencia. Entre las aplicaciones foliares y al suelo del mismo fungicida se encontraron diferencias significativas, excepto para metalaxil + mancozeb, donde no se observaron diferencias entre las aplicaciones al follaje y al suelo (Figura 2).

En resumen, para la variable incidencia algunos fungicidas mostraron un buen control de la enfermedad en los estratos uno y dos de los tallos, pero el promedio general mostró que los dos fungicidas a base de fosetil de aluminio aplicados al follaje presentaron un control superior al del resto de tratamientos. Las aplicaciones de fungicidas al suelo mostraron niveles de incidencia mayores que las aplicaciones al follaje de los mismos fungicidas (Figura 2).

Incidencia en los tallos

La incidencia de la enfermedad en los tallos fue bastante alta y se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P=0.015$).

Para esta variable se observó que el tratamiento con el menor número de tallos afectados por la enfermedad fue fosetil de aluminio (Aliette® 80WP) aplicado al fo-

llaje y el tratamiento que mostró el mayor número de tallos afectados fue el mismo fosetil de aluminio (Aliette® 80WP), pero aplicado al suelo. Los demás tratamientos no mostraron diferencias entre sí (Tabla 3).

Tabla 3. Incidencia de mildeo veloso en tallos y botones

Tratamiento	Número de tallos afectados	Número de botones afectados
Fosetil de aluminio (Aliette® 80WP)-Foliar	23 b*	8 b*
Fosetil de aluminio (Fosetal® 80WP)-Foliar	27 ab	6 b
Metalaxil + mancozeb Foliar	29 ab	15 ab
Dimetomorf foliar	29 ab	15 ab
Testigo comercial	30 ab	19 ab
Dimetomorf-Suelo	32 ab	18 ab
Metalaxil + mancozeb-Suelo	32 ab	25 a
Fosetil de aluminio (Fosetal® 80WP)-Suelo	32 ab	22 a
Fosetil de aluminio (Aliette® 80WP)-Suelo	33 a	24 a

*Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias significativas ($P=0.05$) para la prueba de Tukey.

Incidencia en los botones florales

La incidencia de la enfermedad en botones florales fue alta. En promedio, 54% de los tallos evaluados que llegaron a formar botón floral presentaron síntomas de la enfermedad. Para esta variable, al igual que para las demás variables analizadas, se observó la misma tendencia, es decir, que los valores más altos de enfermedad se obtuvieron con las aplicaciones al suelo de los fungicidas en comparación con las aplicaciones foliares de los mismos fungicidas. Los tratamientos más eficaces fueron los fungicidas a base de fosetil de aluminio aplicados al follaje y los que mostraron el control más deficiente fueron las aplicaciones al suelo de fosetil de aluminio y metalaxil+mancozeb (Tabla 3).

Severidad de la enfermedad

El comportamiento de la severidad de la enfermedad en los folíolos apicales fue muy similar al de la variable incidencia, con una correlación altamente significativa de 0.8 entre las dos variables.

Las plantas mostraron síntomas severos de la enfermedad, pues hubo daños en hojas, pedúnculos, tallos y botones; además, algunos de los tallos no llegaron a formar botón floral debido a que sufrieron un ataque severo durante el estado vegetativo.

Para la variable severidad, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P=0.012$) al igual que para los tres estratos de los tallos ($P<0.0001$); sin embargo, para la interacción entre tratamientos y estratos no se encontraron diferencias significativas ($P=0.071$).

Para la severidad no se observaron diferencias significativas entre las aplicaciones foliares y las aplicaciones al suelo del mismo fungicida, excepto para el tratamiento con fosetil de aluminio (Fosetal® 80WP). El tratamiento menos efectivo fue metalaxil + mancozeb aplicado al suelo (Figura 3).

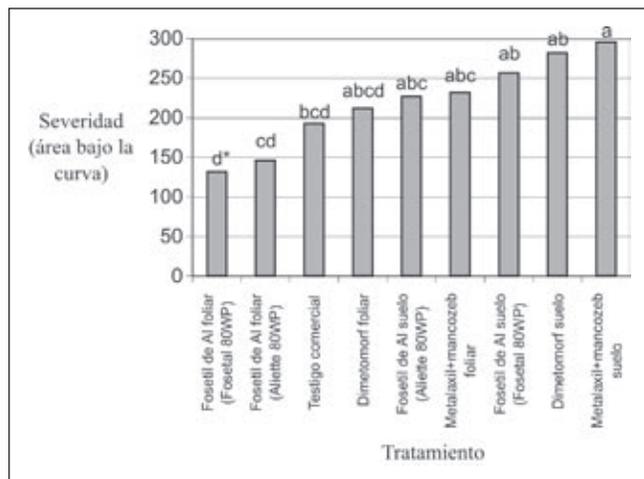


Figura 3. Severidad promedio de mildew veloso en los folíolos apicales de los tres estratos de los tallos.

* Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias significativas ($P=0.05$) para la prueba de t-student protegida por Fischer.

La mayor severidad de la enfermedad se concentró en el estrato inferior de los tallos; en el estrato medio se encontraron valores medios y la menor severidad se encontró en el estrato superior (Tabla 2).

Esporulación del patógeno

Durante la investigación se evidenció una abundante esporulación en el envés de las hojas para todos los tratamientos sin diferencias estadísticas significativas entre ellos ($P=0.10$). La mayor esporulación se observó en las hojas de las parcelas tratadas con aplicaciones de los fungicidas al suelo.

En los tratamientos con fungicidas aplicados al follaje se observaron esporangios deformes y con pérdida de turgencia, mientras que los tratados con aplicaciones al suelo presentaron características normales.

Costos de la aplicación de los fungicidas

Uno de los aspectos importantes en el control de la enfermedad es el costo de las aplicaciones con los fungicidas. En la Tabla 4 se observan las diferencias en el costo de las aplicaciones foliares y al suelo de los fungicidas utilizados en la investigación, en donde se aprecian los valores más altos en las aplicaciones al suelo, no obstante su baja efectividad de control.

Discusión

Durante la investigación, el patógeno tuvo condiciones de humedad y temperatura muy favorables para su desarrollo, lo cual repercutió en una epidemia bastante severa. Esta alta incidencia de la enfermedad permitió observar algunas diferencias estadísticas entre los distintos tratamientos, pues en un estudio anterior con fungicidas, hecho por Urrea (2003), no se evidenciaron diferencias entre los fungicidas aplicados al follaje, ya que la incidencia y la severidad en ese trabajo fueron más bajas que las ocurridas en esta investigación.

Los resultados mostraron, en general, un bajo control de la enfermedad con los fungicidas evaluados y, a su vez, el control hecho con las aplicaciones dirigidas al suelo fue menos eficaz que las aspersiones foliares.

La aplicación líquida de fungicidas al suelo (“drench”) para el control del mildew veloso es una práctica que suelen llevar a cabo frecuentemente algunas empresas de flores, motivadas por la posible colonización sistémica del patógeno, aspecto que aún no está claramente demostrado y por la translocación apoplástica y simplástica de los fungicidas sistémicos dentro de la planta (Gómez, 2004).

Además del bajo control de la enfermedad observado con las aplicaciones de los fungicidas al suelo, su costo es muy alto debido a que las dosis utilizadas son mucho mayores que las usadas en las aspersiones foliares; por tanto, debe reevaluarse el uso de estas aplicaciones (Tabla 4).

Este bajo control de la enfermedad en las aplicaciones al suelo se debió, quizás, a que algunos de los fungicidas utilizados, tales como dimetomorf, son parcialmente sistémicos en la planta con translocación translaminar y apenas una baja actividad acropétala (Gisi, 2002). Algunas investigaciones con aplicaciones al suelo de dimeto-

Tabla 4. Costo de aplicación de los fungicidas.

Descripción del tratamiento	Nombre comercial	Dosis (g·l ⁻¹)	Litros (agua-cama ⁻¹)*	Costo fungicida-cama ⁻¹ (\$)
Fosetil de aluminio-suelo	Aliette® 80WP	1,5	100	17.775
Metalaxil + mancozeb-suelo	Ridomil® Gold 68WP	3,0	100	17.277
Fosetil de aluminio-suelo	Fosetal® 80WP	1,5	100	13.800
Dimetomorf-suelo	Forum® 500WP	0,6	100	9.678
Fosetil de aluminio-foliar	Aliette® 80WP	1,5	10	1.777
Metalaxil + mancozeb-foliar	Ridomil® Gold 68WP	3,0	10	1.728
Fosetil de aluminio-foliar	Fosetal® 80WP	1,5	10	1.380
Dimetomorf-foliar	Forum® 500WP	0,6	10	1.085
Testigo comercial	----	---	---	4.475**

* Estos valores están dados para camas de 40 m de largo y plantas sembradas en doble hilera.

** Este valor es un promedio de los costos de las cinco aplicaciones que se hicieron en el testigo comercial durante la investigación.

morf, controlaron a *P. infestans* en hojas de tomate y *P. viticola* en hojas de vid, pero no se observó protección en hojas de pepino contra *Pseudoperonospora cubensis* (Cohen *et al.*, 1995). Esto mismo podría estar ocurriendo con el mancozeb, fungicida componente en un 64% del producto comercial Ridomil Gold® 68WP, el cual no es un fungicida sistémico como si lo es el metalaxil que está apenas en un 4% del producto comercial.

Aunque el fosetil de aluminio es un fungicida de alta sistemicidad con movimiento ambimóvil en la planta, exhibe predominantemente una translocación simplástica y apenas alguna translocación apoplástica (Newman y Jacob, 1995). Los dos fungicidas con fosetil de aluminio como ingrediente activo no presentaron un control aceptable de la enfermedad aplicados al suelo, para ninguna de las variables evaluadas, ya que es posible que por sus características traten de acumularse en las partes bajas de la planta y no asciendan hasta las partes altas; además, su degradación en el suelo es rápida (British, 1998).

El metalaxil + mancozeb es un fungicida ampliamente utilizado para el control de diversos oomycetos en cultivos como papa, hortalizas, tabaco, aguacate, entre otros (Gisi, 2002), pero en esta investigación no presentó un control eficaz del mildew veloso, ni aplicado al suelo ni al follaje. Una de las causas de la posible ineficiencia de este fungicida puede ser la resistencia del patógeno a los fungicidas aplicados, así como ha ocurrido con este fungicida en otros cultivos en el mundo (Viranyi, 1988).

Otro de los factores de la baja efectividad de las aplicaciones líquidas de fungicidas al suelo podría deberse

a las condiciones del suelo en donde se hizo la investigación, que es de textura franco limosa y con 13% de materia orgánica; estas características del suelo hacen que los procesos de adsorción de fungicidas sean mayores. Debido a estos fenómenos, las moléculas de los fungicidas pueden cambiar sus características fisicoquímicas, además de la posible degradación química y biológica (García, 2001).

Dentro de las aspersiones foliares, los fungicidas a base de fosetil de aluminio (Fosetal® 80WP y Aliette® 80WP) fueron los que presentaron los valores más bajos de incidencia y severidad de la enfermedad. Aunque los niveles de control con estos dos productos comerciales fueron similares, su precio es diferente (Tabla 4). Además, aplicaciones de Fosetal® 80WP han mostrado en varias empresas niveles de fitotoxicidad mayores a los observados con aplicaciones sucesivas de Aliette® 80WP. Es importante tener en cuenta que estos dos fungicidas a base de fosetil de aluminio aplicados en aspersión foliar causaron alguna toxicidad en las plantas durante el ensayo, pues a medida que se aumentaba el número de aplicaciones aumentaba también la fitotoxicidad; esto se observó a partir de la cuarta aplicación de los fungicidas, cuando se vieron tallos con manchas de color café, hojas cloróticas y de menor tamaño.

Los fungicidas a base de fosetil de aluminio aplicados en aspersión foliar fueron superiores a los demás fungicidas, quizás por ser una sustancia de mayor sistemicidad, lo cual hace que su movilidad proteja otras áreas de la planta; además, por la conversión a ácido fosfónico, esta sustancia parece activar las defensas de la planta y de esta manera puede ayudar a reducir la

enfermedad, sumado a su actividad fungitóxicas propia (Cooke y Little, 2001).

Con la aplicación foliar del fungicida metalaxil + mancozeb (Ridomil Gold® 68WP) se obtuvo un buen control en el estrato uno de los tallos, quizás porque el producto contiene un componente protector alto (64% mancozeb) y cuando el ensayo se inició, la incidencia de la enfermedad era más baja, lo cual permitió que el fungicida protegiera muy bien el estrato inferior, pero cuando la enfermedad aumentó, el control en los estratos dos y tres, donde se presentan hojas más jóvenes, fue deficiente, lo cual parece indicar que este fungicida actúa bien cuando se presentan niveles bajos de la enfermedad. Al contrario de lo que sucedió con metalaxil + mancozeb, el fungicida fosetil de aluminio aplicado al follaje presentó mayor efectividad, tanto con niveles bajos como con niveles altos de la enfermedad y en los tres estratos de los tallos.

El testigo comercial siempre mostró niveles intermedios de control, es decir que no presentó ni alta ni baja eficiencia con relación al resto de tratamientos aplicados cada cuatro días, lo que significa que el manejo químico que hace la finca es aceptable.

Así como se observó en los resultados, las diferencias en la cantidad de enfermedad en los tres estratos de los tallos, tuvo una tendencia similar para las variables incidencia y severidad de la enfermedad. En el estrato uno se observó la mayor cantidad de enfermedad debido a que esta zona del dosel de la planta presenta abundancia de follaje, y la humedad relativa es más alta con relación al resto de la planta. Durante el estudio se observó que, en promedio, el estrato inferior presentó una humedad relativa de 88%, mientras que el estrato superior tuvo un valor promedio de 81%. Además, la cantidad de luz que penetra al estrato inferior es muy poca y la aireación es baja. A menudo se observa que las hojas del estrato inferior de los tallos permanecen constantemente con agua libre durante el día, lo cual incrementa la probabilidad de que aumente la enfermedad, pues los esporangios de *P. sparsa* necesitan un mínimo de cuatro horas de agua libre para su germinación (Gómez *et al.*, 2002).

La menor incidencia y severidad en el estrato superior de los tallos pudo deberse no solamente al microclima sino a que el material vegetal estuvo un menor número de días expuesto al patógeno con relación al resto de hojas de los estratos uno y dos, pues esta zona de los

tallos es la más joven y las hojas pertenecientes a este estrato emergieron en la cuarta semana después de iniciado el experimento; además, aunque estas hojas son las más susceptibles a la enfermedad, también es una zona donde hay mayor aireación y el cubrimiento de los fungicidas con las aspersiones foliares es mejor.

La correlación entre la incidencia y la severidad de la enfermedad fue alta, lo cual lleva a concluir que en estudios posteriores se puede tomar una sola variable, y la más recomendable de estas dos es la incidencia, ya que es fácil de evaluar y posee mayor sensibilidad. Esta misma correlación de variables fue observada por Urrea (2003).

En cuanto a la acción antiesporulante, se observó que ninguno de los fungicidas aplicados tuvo este efecto, pues la esporulación observada en los folíolos fue alta en todas las evaluaciones.

Debido a la alta variación observada en los datos de incidencia y severidad de la enfermedad, en futuras investigaciones se debería utilizar un mayor número de repeticiones, pues el error experimental en condiciones de un cultivo comercial es bastante elevado y las condiciones de variabilidad climática dentro de los invernaderos también son altas. Además, debido a que este estudio se adelantó en condiciones comerciales, no fue posible tener un testigo absoluto, el cual es un buen punto de comparación para este tipo de investigaciones.

En resumen, dentro del control químico del mildew veloso en rosa no parecen recomendables las aplicaciones de los fungicidas al suelo, debido al bajo control de la enfermedad y a los altos costos generados, así que son mejores las aplicaciones al follaje, e incluir el fosetil de aluminio dentro de los programas de aplicación de fungicidas cuando el patógeno tenga condiciones muy favorables para su desarrollo; además, es importante dirigir las aspersiones de fungicidas al tercio inferior de los tallos, especialmente, y darle a esta zona un manejo adecuado, para que no sea una fuente constante de inóculo para el resto de la planta, sin descuidar las partes más jóvenes, que son muy susceptibles a la enfermedad.

Agradecimientos

Los autores expresan su especial agradecimiento a la empresa Flores Mocarí S.A. por la financiación de la investigación.

Bibliografía

Aegerter, B.; R. Davis y J. Núñez. 2002. Detection and management of downy mildew in rose rootstock. *Plant Diseases* 86, 1363-1370.

Asocolflores estadísticas. 2004. <http://www.asocolflores.org/info/info.php>

British Crop Protection Council. 1998. The pesticide manual. British Crop Protection Council, Londres.

Cohen, Y.; A. Baider y B. Cohen. 1995. Dimethomorph activity against oomycete fungal plant pathogens. *Phytopathology* 85, 1500-1506.

Cooke, L. y G. Little. 2001. The effect of foliar application of phosphonate formulations on the susceptibility of potato tubers to late blight. *Pest Management Science* 58, 17-25.

Develash, R. y S. K. Sugha. 1997. Management of downy mildew (*Peronospora destructor*) of onion (*Allium cepa*). *Crop Protection* 16, 63-67.

García, I. 2001. Contaminación por productos fitosanitarios. Plaguicidas. <http://edafología.urg.es/conta.com>

Gisi, U. 2002. Chemical control of downy mildews. pp. 119-159. En: Spencer-Philips, P.N.T., U. Gisi y A. Lebeda (eds). *Advances in downy mildew research*. Kluwer Academic Publisher, Holanda.

Gómez, S. 2004. Determinación de componentes de la biología de *Peronospora sparsa* Berkeley y caracterización de la respuesta de tres variedades de rosa a la infección del patógeno bajo condiciones de laboratorio e invernadero. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Gómez, S.; G. Arbeláez y C. Echeverri. 2002. Evaluación de diferentes métodos de inoculación de *Peronospora sparsa* Berkeley, agente causal del mildew veloso en el cultivo de rosa. *Revista Asocolflores* 63, 61-70.

Horst, R. 1995. Compendium of rose diseases. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota.

Newman, S. T. y F. Jacob. 1995. Principles of uptake and systemic transport of fungicides within the plant. pp. 53-73. En: H. Lyr (ed). *Modern selective fungicides. Properties, applications, mechanisms of action*. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Suárez, J. R. 1999. Problemática actual del mildew veloso en Rosa. VII Congreso Acopaflor-Asocolflores, Bogotá.

Urrea, K. E. 2003. Evaluación de la eficacia de fungicidas para el control de mildew veloso en un cultivo comercial de rosa, variedad Charlotte, bajo invernadero en la Sabana de Bogotá. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Virany, F. 1988. Changes in pigment constitution of downy mildew sunflower after metalaxyl treatment. *Acta Fitopatológica y Entomológica Húngara* 23, 21-25.