

Efecto del Fosfito de Potasio en Combinación con el Fungicida Metalaxyl + Mancozeb en el Control de Mildeo Velloso (*Peronospora destructor* Berk) en Cebolla de Bulbo (*Allium cepa* L.)

Effect of the Potassium Phosphite in Combination with the Fungicide Metalaxyl Plus Mancozeb on the Control of Downy Mildew (*Peronospora destructor* Berk) in Onion Bulb (*Allium cepa* L.)

Jorge Velandia Monsalve¹; Silvio Edgar Viteri Rosero²;
Nubia Janeth Rubio Cárdenas³ y Fabián Octavio Tovar Duarte⁴

Resumen. El hongo *Peronospora destructor* causa considerables pérdidas en la producción de cebolla de bulbo en el mundo. Fosfito de potasio en combinación con el fungicida Metalaxyl + Mancozeb, fue evaluado por su eficiencia en el control de este patógeno en el híbrido de cebolla de bulbo Yellow Granex. Los tratamientos consistieron en una aplicación de fosfito (5 mL L⁻¹) alternada con una de fungicida (2 g L⁻¹); dos y tres aplicaciones consecutivas de fosfito alternadas con una de fungicida; una aplicación de fungicida alternada con una de fosfito; dos y tres aplicaciones consecutivas de fungicida alternadas con una de fosfito; aplicaciones de sólo fosfito y sólo fungicida y un testigo. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se evaluó la incidencia y severidad de la enfermedad, el número, tamaño y peso de bulbos de primera, segunda, tercera y peso total de bulbos. Los resultados mostraron que las aplicaciones de fosfito de potasio durante dos semanas consecutivas alternadas en la tercera semana con una de fungicida y las aplicaciones semanales de sólo fosfito, tuvieron efectos altamente significativos en el control de la incidencia y severidad de *P. destructor* y diferencias significativas en el peso de los bulbos de primera (28,1 y 27,9 t ha⁻¹) y peso total de bulbos (55,5 y 52,1 t ha⁻¹), representando en relación al testigo, un incremento de 200 y 196% en el peso de los bulbos de primera y de 55 y 45,7% en el peso total de bulbos, respectivamente. Se concluye que con el fosfito de potasio se reduce la aplicación de fungicidas y ello es una alternativa viable para el manejo ecológico de *P. destructor* en la producción de cebolla de bulbo.

Palabras clave: Control integrado, control químico, hortalizas, patógeno.

Abstract. *Peronospora destructor* fungi causes considerable losses in the production of onion bulb in the world. Potassium phosphite in combination with the fungicide Metalaxyl + Mancozeb was evaluated for its efficiency in the control of this pathogen in the onion bulb hybrid Yellow Granex. The treatments consisted in one application of potassium phosphite (5 mL L⁻¹) alternated with one of fungicide (2 g L⁻¹); two and three consecutive applications of potassium phosphite alternated with one of fungicide; one application of fungicide alternated with one of potassium phosphite; two and three consecutive applications of fungicide alternated with one of potassium phosphite; applications of potassium phosphite and fungicide alone and one control. The experimental design was a complete block randomized with three replicates. The variables evaluated were the incidence and severity of the disease and the number, size and weight of the bulbs of first, second and third class and total bulb weight. The results showed that the applications of potassium phosphite during two consecutive weeks alternated in the third week with one of fungicide and the weekly applications of phosphite alone had highly significant effects on the control of the incidence and severity of *P. destructor* and significant differences on the weight of the first class bulbs (28.1 and 27.9 t ha⁻¹) and total bulb weight (55.5 and 52.1 t ha⁻¹), representing in comparison to the control an increment of 200 and 196% on the weight of the first class bulbs and of 55 and 45,7% on the total bulb weight, respectively. It is concluded that with the potassium phosphite the application of fungicides is reduced and this represents a viable alternative for the ecological management of *P. destructor* in the production of onion bulb.

Key words: Integrated control, chemical control, vegetables, pathogen.

En Colombia, la cebolla de bulbo es la segunda hortaliza de mayor importancia económica. En el año 2008 se cultivaron 16.516 ha obteniéndose una producción de 277.152 t. El primer lugar en la producción corresponde al Departamento de Boyacá (Colombia), con el 25,8% del área cultivada y el 49,3%

de la producción (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2008). De las enfermedades que afectan a este cultivo, el mildew velloso causado por *Peronospora destructor* es uno de los factores más limitantes, ya que puede ocasionar pérdidas mayores al 50% como se ha demostrado en experimentos realizados en el

¹ Profesor Asociado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Programa de Ingeniería Agronómica. Avenida Central del Norte, Tunja, Colombia. <jorge.velandia@uptc.edu.co>

² Profesor Titular. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Programa de Ingeniería Agronómica. Avenida Central del Norte, Tunja, Colombia. <silvio.viteri@uptc.edu.co>

³ Ingeniera Agrónoma. Asistente Técnica. FUNDEORINOQUIA. Calle 6 No 14-14, Tauramena, Casanare, Colombia. <yane1702@latinmail.com>

⁴ Ingeniero Agrónomo. Delegado de FINAGRO para Boyacá. Gobernación de Boyacá. Calle 20 No. 9-90, Casa de la Torre, Tunja, Colombia. <ftovar@finagro.com.co>

Recibido: Noviembre 02 de 2010; aceptado: Marzo 16 de 2012.

Departamento de Boyacá (Cubides, 2009; Rodríguez, 2009; Rubio y Tovar, 2009). La distribución de este patógeno es mundial (Agris, 1995; Brewster, 2001) y afecta los rendimientos del cultivo en más del 60% (Surviliene *et al.*, 2008). El patógeno ataca en todos los estados fenológicos del cultivo, los mayores valores de severidad de la enfermedad, coinciden con elementos del clima relacionados con bajas temperaturas (6-20 °C), frecuentes precipitaciones o una humedad relativa mayor del 95%. Según Hildebrand *et al.* (1982, 1984) y Hausbeck (2005) no se presentan ataques del patógeno cuando la humedad relativa es menor al 90% y las temperaturas son mayores a 24 °C debido a que afectan el crecimiento y esporulación del mismo.

Para el manejo de esta enfermedad, no se dispone de variedades o híbridos comerciales de cebolla de bulbo con resistencia a *P. destructor* (Van der Meer *et al.*, 1990; Scholten *et al.*, 2007), existiendo por lo tanto la necesidad de recurrir a diferentes prácticas de manejo como el control químico. De los grupos químicos de fungicidas utilizados en el control de este patógeno, las fenilamidas (Metalaxyl) y el ácido carboxílico amida (Cymoxonil) han sido reportados como específicos y eficientes en el control de hongos fitopatógenos de la clase Oomycetes como *P. destructor* en cebolla de bulbo (Maeso, 2005; Krauthausen *et al.*, 2001; Surviliene *et al.*, 2008 y Wordell *et al.*, 2008), *Plasmopora viticola* (Berk y Curt) Berl Toni en uva (Gisi *et al.*, 1985), *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary en papa (Gisi y Cohen, 1996) y *P. palmivora* (Butl) en aguacate (Cervera *et al.*, 2007, Faber *et al.*, 2007).

Las aplicaciones consecutivas de estos fungicidas durante el ciclo del cultivo, tienen la desventaja de favorecer la aparición en poco tiempo de razas en los pseudohongos Oomycetes con resistencia a los fungicidas, como es el caso de Metalaxyl con *P. destructor* (Develash y Sungla, 1997), *P. viticola* (Gisi y Sieretz, 2008) y *P. infestans* (Rubin *et al.*, 2008). Cuando esto sucede, el manejo de parte del agricultor consiste en aumentar la frecuencia de aplicaciones o una sobredosis del fungicida, ocasionando mayores costos de producción y riesgo de contaminación ambiental. Lo anterior sugiere que la búsqueda de alternativas para el manejo del patógeno es una necesidad que se debe investigar.

Los fosfitos son compuestos resultantes de la reacción del ácido fosforoso con iones de metales alcalinos como el K, Ca, Mg y Na, considerados como fuente importante de nutrientes para los cultivos. Los

fosfitos de potasio monobásico (KH_2PO_3) y dibásico (K_2HPO_3) se caracterizan por ser más solubles en agua y móviles en la planta, tanto en sentido ascendente como descendente, que los fosfatos (PO_4). Conociendo estas ventajas Thizy *et al.* (1997), al evaluar el ácido fosforoso y los fosfitos como una fuente de fósforo en cítricos, descubrieron la eficiencia del fosfito de potasio en el control de *Phytophthora palmivora*, agente causal de la gomosis de los cítricos. Con base en este descubrimiento, el fosfito de potasio fue patentado por los mismos investigadores como fungicida para el control de pseudohongos de la clase Oomycetes. A partir de entonces, diferentes trabajos han confirmado la eficiencia del fosfito de potasio en el control de esta clase de fitopatógenos en diferentes cultivos, como ya se relacionó anteriormente. Según Thao y Yamakawa (2009), la comercialización de los fosfitos como fuente de fósforo (USAID, 2005, Lovatt *et al.*, 2006; Lovatt *et al.*, 2007) no es la indicada debido a que la planta absorbe el fósforo y lo incorpora en el tejido vegetal en la forma de fosfato y no de fosfito.

La eficiencia del fosfito de potasio en el control de fitopatógenos de la clase Oomycetes es atribuida a un efecto directo e indirecto. Directamente, la incorporación de fosfito en el medio de cultivo tuvo un efecto fungicida al restringir el crecimiento e inhibir la esporulación de *Pythium* (Lobato *et al.*, 2007) y la aplicación de fosfitos a la base de las plantas en lupino (*Lupinus angustifolius* L. "Unicrop") las protegió del ataque de *Phytophthora cinnamomi* (Rands), en tabaco (*Nicotiana tabacum* Linneo. Hicks) de *P. nicotianae* y en papaya (*Carica papaya* Tourn. ex L) de *P. palmivora* (Smillie *et al.*, 1989). Indirectamente, el fosfito de potasio ha sido considerado como un inductor de la Resistencia Sistémica Adquirida (SAR), la cual consiste en un mecanismo natural desarrollado por las plantas para defenderse del ataque de microorganismos fitopatógenos y de insectos plaga (Daniel *et al.*, 2005). En la planta el fosfito de potasio es disociado en las formas de ácido fosforoso (H_3PO_3) y K; el ácido fosforoso al ser reconocido por la planta como un metabolito del patógeno, activa los mecanismos de defensa estimulando la producción de fitoalexinas, las cuales son reconocidas por sus propiedades biocidas contra diferentes grupos de agentes causales de enfermedades de la clase Oomycetes, Hyphomycetes (*Botrytis cinerea*) y Agonomycetes (*Rhizoctonia solani*) (Kofet *et al.*, 2007).

El fosfito de potasio pertenece al grupo químico de los fosfanatos, categoría toxicológica III de bajo impacto

ambiental; es decir, que la aplicación del fosfito de potasio es poco peligrosa al hombre, a los animales y al ambiente y es comercializado como fertilizante y fungicida (Barpen, 2004). En esta investigación se evaluó el efecto de las aplicaciones de fosfito de potasio y del fungicida Metalaxyl + Mancozeb (Ridomil®) en el control de *P. destructor* en el cultivo de cebolla de bulbo en condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la granja La María de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Tunja (Boyacá, Colombia) a 1.700 msnm, temperatura promedio de 13 °C y precipitación anual de 700 mm. Las propiedades físico químicas del suelo se presentan en la Tabla 1.

El lote de terreno se dividió en tres bloques, en cada uno se trazaron nueve parcelas de 3x2 m (6 m²), dejando 0,50 m entre bloques y parcelas. Plántulas del híbrido de cebolla de bulbo Yellow Granex de 60

días procedentes del municipio de Tibasosa fueron trasplantadas, dejando 0,10 m entre plántulas (31 plantas por surco) y 0,30 m entre surcos (7 surcos por parcela). Los tratamientos fueron los siguientes: 1. Una aplicación de fosfito de potasio alternada con una aplicación de fungicida (F1/R1), 2. Dos aplicaciones consecutivas de fosfito de potasio alternadas con una de fungicida (F2/R1), 3. Tres aplicaciones consecutivas de fosfito de potasio alternadas con una de fungicida (F3/R1), 4. Una aplicación de fungicida alternada con una de fosfito de potasio (R1/F1), 5. Dos aplicaciones consecutivas de fungicida alternadas con una de fosfito de potasio (R2/F1), 6. Tres aplicaciones consecutivas de fungicida alternadas con una de fosfito de potasio (R3/F1), 7. Aplicaciones consecutivas de sólo fosfito de potasio (F), 8. Aplicaciones consecutivas de solo fungicida (R) y 9. Testigo sin aplicaciones (T). Los primeros síntomas de la enfermedad fueron observados a los 35 días después del trasplante y la aplicación de los tratamientos se realizó de los 42 hasta los 91 días del trasplante, utilizando la aplicación respectiva cada ocho días.

Tabla 1. Propiedades físico-químicas del suelo empleado en la evaluación de tratamientos químicos para el control de *Peronospora destructor* en cebolla de bulbo.

Propiedad	Valor	Nivel crítico
Textura	Franco Arcilloso	
pH	5,3	ácido
M.O. (%)	3,17	Bajo
P (ppm)	27,9	Medio
Al (meq/100 g)	0,2	Bajo
Ca (meq/100 g)	7,95	Alto
Mg (meq/100 g)	3,73	Alto
K (meq/100 g)	0,76	Alto
Na (meq/100 g)	0,36	Medio
CICE (meq/100 g)	13,0	Medio
Fe (ppm)	98,9	Medio
Mn (ppm)	6,11	Bajo
Cu (ppm)	1,11	Bajo
Zn (ppm)	2,19	Bajo
Al (%)	1,54	Muy bajo
Na (%)	2,77	Bajo
C.E. (ds/m)	0,99	Medio

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos y Agua. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Tunja.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar con tres repeticiones. Durante el desarrollo del cultivo se evaluó la incidencia y severidad de la enfermedad. La incidencia se determinó semanalmente por parcela, desde los 42 hasta los 84 días cuando el ataque fue del 100%, contando el número de plantas con el síntoma de la enfermedad. La severidad se evaluó desde los 42 hasta los 91 días después del trasplante, con base en el porcentaje de tejido afectado de la planta, utilizando la escala de cero (plantas sin ataque) a 12 (plantas con el 100% de tejido afectado) (Horsfall y Barrat 1945). Con el fin de establecer la influencia de algunos de los factores ambientales sobre la dinámica del *P. destructor* se registraron los elementos del clima: precipitación, temperatura y humedad relativa. A la cosecha se tomaron los cinco surcos centrales, 120 a 125 bulbos por parcela y se determinó el número, tamaño y peso de los mismos. Los bulbos fueron clasificados por tamaño en tres grupos: De primera (71-90 mm de diámetro), de segunda (51-70 mm) y de tercera (menos de 50 mm). Los resultados obtenidos en cada variable fueron sometidos al análisis de varianza y a la prueba Tukey, utilizando el programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS 11.5).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia de la enfermedad. El análisis de varianza mostró efectos estadísticos de los tratamientos en el control de la incidencia de *P. destructor* en el cultivo de cebolla de bulbo a los 42, 70 y 77 días del trasplante. A los 42 días del trasplante, con el tratamiento de una aplicación del fungicida Metalaxyl + Mancozeb alternada con una de fosfito de potasio (R1/F1) el valor de la incidencia (3,6%) fue menor al obtenido con el tratamiento de tres aplicaciones de fosfito de potasio alternada con una aplicación de fungicida (F3/R1) (6,6%) con diferencias altamente significativas entre ellos (Tabla 2). En este tratamiento (F3/R1) la mayor incidencia de la enfermedad se debió posiblemente a la aparición de los primeros focos de la enfermedad. A los 70 y 77 días del trasplante, el efecto de los tratamientos en el control de la incidencia de la enfermedad fue altamente significativo con respecto al testigo (51,6 y 85%), a excepción de los tratamientos de una aplicación de fosfito de potasio, alternada con una de fungicida (F1/R1) a los 70 días y tres aplicaciones consecutivas de fungicida alternada con una del fosfito de potasio (R3/F1), en las dos

Tabla 2. Efecto de las aplicaciones de fosfito de potasio alternadas con el fungicida Metalaxyl + Mancozeb en el control de la incidencia de *Peronospora destructor* en cebolla de bulbo.

Tratamiento	Incidencia (%)/días		
	42	70	77
F1/R1	5,0 ab	45,0 ab	61,6 b
F2/R1	4,3 ab	38,3 bc	56,6 b
F3/R1	6,6 a	38,3 bc	58,3 b
R1/F1	3,6 b	36,6 bc	61,6 b
R2/F1	5,6 ab	36,6 bc	61,6 b
R3/F1	6,0 ab	41,6 abc	66,6 ab
F	5,0 ab	31,6 c	48,3 b
R	5,0 ab	38,3 bc	60,0 b
T	6,0 ab	51,6 a	85,0 a
Significancia	5%	5%	5%

En las columnas, valores con la misma letra no presentan diferencias significativas por la prueba de Tukey. Tratamientos: F1/R1, una aplicación de fosfito de potasio alternada con una de fungicida; F2/R1, dos aplicaciones consecutivas de fosfito de potasio alternadas con una de fungicida; F3/R1, tres aplicaciones consecutivas de fosfito de potasio alternadas con una de fungicida; R1/F1, una aplicación de fungicida alternada con una de fosfito de potasio; R2/F1, dos aplicaciones consecutivas de fungicida alternadas con una de fosfito de potasio; R3/F1, tres aplicaciones consecutivas de fungicida alternadas con una de fosfito de potasio; F, aplicaciones de solo fosfito de potasio; R, aplicaciones de solo fungicida; T, testigo sin aplicaciones.

fechas. Aplicaciones de solo fosfito de potasio (F) superaron a las aplicaciones de solo fungicida (R) en el control de la incidencia de la enfermedad sin diferencias estadísticas entre sí. La menor incidencia a los 70 días después del trasplante se obtuvo con las aplicaciones consecutivas de solo fosfito de potasio (F) (31,6%). A los 49, 56 y 63 días después del

trasplante la incidencia de la enfermedad (Datos no mostrados) fue menor en los tratamientos, aunque sin diferencias significativas frente al testigo, debido posiblemente a una menor presión de inóculo en respuesta a la menor frecuencia e intensidad de las lluvias, cuya tendencia cambió después de los 70 días como se ilustra en la Tabla 3.

Tabla 3. La lluvia y el efecto de las aplicaciones de fosfito de potasio alternadas con el fungicida Metalaxyl + Mancozeb en el control de la severidad de *Peronospora destructor* en cebolla de bulbo.

Tratamiento	Severidad (%)/días				
	42	70	77	84	91
F1/R1	11,6 ab	30,0 b	35,0 b	36,6 b	40,0 cd
F2/R1	12,6 ab	30,0 b	36,6 ab	38,3 b	41,6 bcd
F3/R1	13,6 ab	31,6 ab	35,0 b	38,3 b	38,3 d
R1/F1	10,0 b	31,6 ab	36,6 ab	40,0 ab	41,6 bcd
R2/F1	13,0 ab	31,6 ab	38,3 ab	41,6 ab	46,6 abc
R3/F1	15,0 a	33,3 ab	40,0 ab	43,3 ab	48,3 ab
F	11,0 ab	30,0 b	35,0 b	36,6 b	40,0 cd
R	12,3 ab	33,3 ab	38,3 ab	41,6 ab	45,0 bcd
T	13,6 ab	38,3 a	45,0 a	48,3 a	53,0 a
Significancia	5%	5%	5%	5%	5%
Precipitación (mm)	23,4	47,2	28,4	39,6	28,5

En las columnas, valores con la misma letra no presentan diferencias significativas por la prueba Tukey.

Tratamientos: F1/R1, una aplicación de fosfito de potasio alternada con una de fungicida; F2/R1, dos aplicaciones consecutivas de fosfito de potasio alternadas con una de fungicida; F3/R1, tres aplicaciones consecutivas de fosfito de potasio alternadas con una de fungicida; R1/F1, una aplicación de fungicida alternada con una de fosfito de potasio; R2/F1, dos aplicaciones consecutivas de fungicida alternadas con una de fosfito de potasio; R3/F1, tres aplicaciones consecutivas de fungicida alternadas con una de fosfito de potasio; F, aplicaciones de solo fosfito de potasio; R, aplicaciones de solo fungicida; T, testigo sin aplicaciones.

Severidad de la enfermedad. El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos, incluyendo al testigo, a los 42, 70, 77, 84 y 91 días después del trasplante (Tabla 3). A los 49, 56 y 63 días el ataque de la enfermedad en los tratamientos fue menor con referencia al testigo sin diferencias estadísticas, debido a la escasa precipitación y una humedad relativa igual o menor al 80%, por lo cual fue necesario la aplicación de riego en cuatro oportunidades durante los primeros 60 días después del trasplante. La influencia de estos dos elementos del clima en la aparición y desarrollo de la enfermedad, son decisivos como lo demuestra el modelo epidemiológico MILLIOCAST, desarrollado por Gilles *et al.* (2004), en el cual se establece que el ataque de *P. destructor* depende de la precipitación y de una humedad relativa mayor al 90%.

A los 42 días del trasplante, el menor porcentaje de tejido afectado por *P. destructor* resultó con una aplicación de fungicida alternada con una de fosfito (R1/F1) (10%) y el mayor porcentaje en el tratamiento con tres aplicaciones consecutivas de fungicida alternadas con una de fosfito (R3/F1) (15%) con diferencia significativa entre los dos tratamientos. Al respecto, se registra que fue en dos de las repeticiones del tratamiento R3/F1 donde se inició el desarrollo de la enfermedad.

A los 70, 77 y 84 días del trasplante, la severidad de la enfermedad fue significativamente menor con los tratamientos de aplicaciones de solo fosfito de potasio (F) (30, 35 y 36%), con una aplicación de fosfito de potasio alternada con una de fungicida (F1/

R1) (30, 35 y 36,6%) y dos aplicaciones de fosfito de potasio alternadas con una de fungicida (F2/R1) (30, 36,6 y 38,3%) en comparación al testigo (T) (38,3, 45 y 48,3%). A los 91 días del trasplante la menor severidad se obtuvo con tres aplicaciones consecutivas de fosfito de potasio alternadas con una de fungicida (F3/R1) (38,3%), seguidas de las aplicación de fosfito alternada con fungicida (F1/R1) (40%) y aplicación de solo fosfito de potasio (F) (40%). Estos resultados son importantes porque confirman la eficiencia del fosfito de potasio en el control de *P. destructor* mencionada en los trabajos de Develash y Sugha (1997), Barpen (2004) y Arbolea y Maeso (2005). El mayor ataque de la enfermedad se presentó durante el periodo de tiempo comprendido entre los 42 y 91 días después del trasplante (49 días) en el cual se registró el 73,7% (Tabla 3) de la precipitación total que cayó durante el tiempo de la investigación (226,8 mm). En este mismo período de tiempo la temperatura promedio fue de 13 °C, condiciones ambientales que favorecieron el desarrollo de la enfermedad, como lo reportan los trabajos de epidemiología de Hildebrand y Sutton (1982, 1984), Gilles *et al.* (2004) y Buloviené y Surviliené (2006).

Estos resultados indican que el fosfito de potasio es una alternativa promisoría que bien podría ser considerada en el manejo integrado de *P. destructor* en el cultivo de cebolla. Bajo las condiciones ambientales en las que se realizó la investigación, con dos aplicaciones consecutivas de fosfito de potasio alternadas con una de fungicida se redujo en 70% la frecuencia de aplicaciones del fungicida Metalaxyl + Mancozeb. Esta alternativa de manejo está de acuerdo con Gisi y Sierotz (2008) quienes proponen la aplicación alternada de fosfito con fungicidas, con el fin de prevenir o mermar la aparición de resistencia de los hongos a los fungicidas. Igualmente, se eliminaría o se reduciría la residualidad de los fungicidas en los bulbos de cebolla y se contribuiría a la protección del medio ambiente.

Pese a que la aplicación de fosfito de potasio, sólo o alternado con fungicida es importante en el control de *P. destructor* en zonas con precipitaciones iguales o menores a 800 mm por año, en concordancia con Buloviené y Surviliené (2006) no sería igualmente efectiva en regiones donde la presión del inoculo es alta debido a que la precipitación es mayor a 800 mm, la humedad relativa mayor al 90% y la temperatura menor a 20 °C. Al respecto, es conveniente poner de relieve que si bien el fosfito de potasio es un inductor de resistencia sistémica adquirida (SAR), la cual es

reconocida por su amplio espectro en el control de diferentes grupos de fitopatógenos (Heil y Bostock 2002, Vallad *et al.*, 2004), su potencial de control no puede ser generalizado ni tan seguro como el obtenido con solo fungicidas (Walter *et al.*, 2005).

De los 42 hasta los 84 días del trasplante, la severidad de la enfermedad fue menor con la sola aplicación del fungicida Methalaxyl + Mancozeb (R) en comparación al testigo (T) y sin diferencias estadísticas entre sí. La poca eficiencia del fungicida en el control de la enfermedad posiblemente se debe a la existencia de razas del hongo *P. destructor* que han desarrollado resistencia al fungicida como resultado de su aplicación consecutiva en los cultivos de cebolla de bulbo en Boyacá, por más de 20 años. Los fungicidas del grupo químico de las fenilamidas, al cual pertenecen el Metalaxyl + Mancozeb, son específicos y eficientes en el control de pseudohongos fitopatógenos de los Oomycetes, pero tienen la desventaja que aplicaciones consecutivas generan resistencia en las poblaciones del hongo en un corto tiempo (Gisi y Sierotz 2008).

Producción de bulbos. Bajo las condiciones físico químicas del suelo en el cual se desarrolló la investigación (Tabla 1), el análisis de varianza mostró que no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos en cuanto al número de bulbos clasificados por tamaño y el peso de los bulbos de segunda y tercera (Datos no mostrados), pero si en el peso de bulbos de primera y peso total de bulbos. Con los tratamientos de dos aplicaciones consecutivas de fosfito de potasio alternada con una de fungicida (F2/R1) y aplicación de solo fosfito de potasio (F) se logró el mejor peso de los bulbos de primera (9,3 y 9,2 kg en 3,3 m²) y peso total de bulbos (18,3 y 17,2 kg en 3,3 m²) superando con diferencias significativas al testigo (T) en el cual el peso de los bulbos de primera y peso total de bulbos fue de 3,1 y 11,8 kg en 3,3 m² (Figura 1). Con estos dos tratamientos, el incremento con relación al testigo en el peso de bulbos de primera, fue de 200 y 196% y en el peso total de 55 y 45,7%, respectivamente.

El mayor peso de bulbos de primera y peso total se explica por un mejor efecto de estos dos tratamientos en la protección de las plantas del ataque de *P. destructor*, las cuales al disponer de mayor área fotosintética resultaron en mejor crecimiento, desarrollo y llenado de los bulbos, lo cual se refleja en la producción y calidad del cultivo. Esta observación es

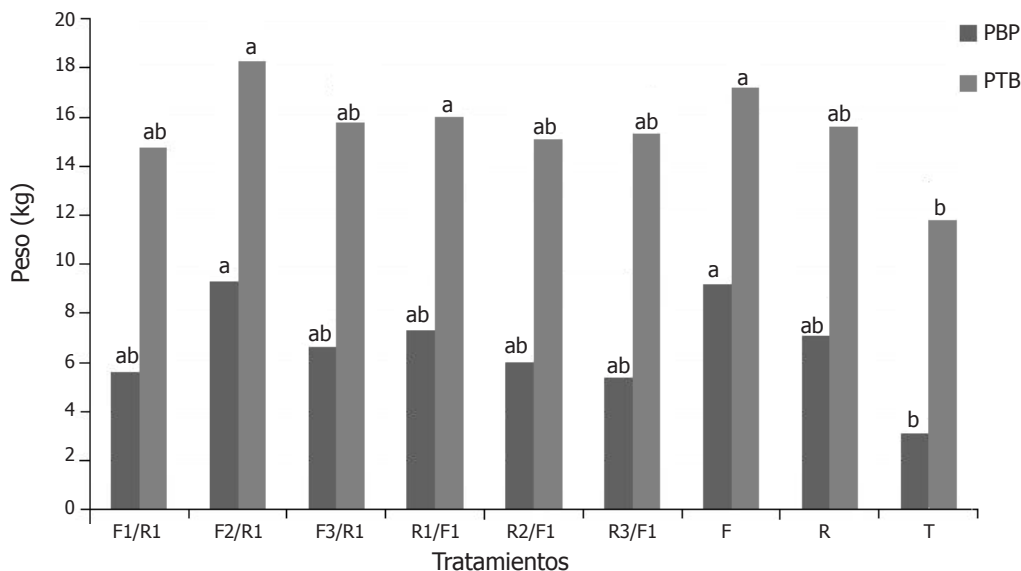


Figura 1. Efecto de las aplicaciones de fosfito de potasio alternadas con el fungicida Metalaxyl + Mancozeb en el peso de bulbos de primera (PBP) y peso total de bulbos (PTB) de cebolla.

Tratamientos: F1/R1, una aplicación de fosfito de potasio alternada con una de fungicida; F2/R1, dos aplicaciones consecutivas de fosfito de potasio alternadas con una de fungicida; F3/R1, tres aplicaciones consecutivas de fosfito de potasio alternadas con una de fungicida; R1/F1, una aplicación de fungicida alternada con una de fosfito de potasio; R2/F1, dos aplicaciones consecutivas de fungicida alternadas con una de fosfito de potasio; R3/F1, tres aplicaciones consecutivas de fungicida alternadas con una de fosfito de potasio; F, aplicaciones de solo fosfito de potasio; R, aplicaciones de solo fungicida; T, testigo sin aplicaciones.

similar a la Bosch y Currah (2002), quienes establecieron que el mayor impacto negativo del *P. destructor* en la producción de cebolla de bulbo, ocurre si la pérdida de tejido foliar se presenta en la fase de bulbificación.

CONCLUSIONES

Las aplicaciones al cultivo de cebolla de bulbo de fosfito de potasio durante dos semanas consecutivas alternadas en la tercera semana con una de Metalaxyl + Mancozeb y las aplicaciones semanales de sólo fosfito de potasio, fueron las más efectivas en el control de la incidencia y severidad de *P. destructor* y las más promisorias en cuanto al peso de bulbos de primera y peso total de bulbos.

Las aplicaciones al cultivo de cebolla de bulbo de solo Metalaxyl + Mancozeb, no se diferenciaron del testigo en cuanto al ataque de *P. destructor*, debido posiblemente a la existencia de razas del hongo resistentes al fungicida.

Los resultados indican que el fosfito de potasio representa una alternativa ecológica que bien

merece ser considerada en el manejo integrado de *P. destructor* en el cultivo de cebolla de bulbo.

BIBLIOGRAFÍA

Agrios, G.N. 1995. Fitopatología. Segunda edición. Editorial Noriega Editores, México, D.F. 838 p.

Arbolea, J. y D.C. Maeso. 2005. Evaluación de estrategias con la inclusión de derivados del ácido fosfónico para el control de mildiú de la cebolla (*Peronospora destructor*). Temporada 2005. Jornada técnica de investigación en ajo y cebolla. Programa Nacional de Horticultura. Serie de Actividades de Difusión No. 442. INIA, Las Brujas, Uruguay. 23 p.

Barpen. 2004. Ficha técnica Agrifos® 400 SL. En: http://www.bam.com.co/admin_internas/fichas/Barpen/A/Agrifos%20400%20SL.pdf. 8 p.; consulta: octubre 2010.

Bosch, S.A. and L. Currah. 2002. Agronomy on onion. pp. 187-232. In: Rabinowitch, H.R. and L. Currah. (eds.). *Allium* crop science: recent advances. CABI Publishing, New York. 515 p.

- Brewster, J.L. 2001. La estructura de los alliums comestibles. pp. 21-43. En: López, M. y J.L. Brewster (eds.). Las cebollas y otros allium. Editorial Acribia, Zaragoza. 266 p.
- Buloviené, V. and E. Surviliené. 2009. Effect of environmental conditions and inoculum concentration on sporulation of *Peronospora destructor*. Agronomy Research 4 (Special issue): 147-150.
- Cervera, M., R. Cautín y G. Jeria. 2007. Evaluación del fosfito de calcio, potásico y magnesio en el control de *Phytophthora cinnamomi* en palto (*Persea americana* Mill) cv. Hass plantados en contenedor. En: Memorias. Congreso Mundial del Aguacate, Actas VI. Viña del Mar, Chile. 8 p.
- Cubides, H.R. 2009. Evaluación del extracto de ocho especies vegetales en el control del mildew veloso (*Peronospora destructor*) en el cultivo de cebolla (*Allium cepa*) en el municipio de Duitama. Trabajo de grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. 57 p.
- Daniel, R. and D. Guest. 2005. Defence responses induced by potassium phosphonate in *Phytophthora palmivora* challenged *Arabidopsis thaliana*. Physiological and Molecular Plant Pathology 67(3-5): 194-201.
- Develash, R.K. and S.K. Sugha. 1997. Management of downy mildew (*Peronospora destructor*) of onion (*Allium cepa*). Crop Protection 16(1): 63-67.
- Faber, B y J. Downer. 2007. Evaluación de productos fosfonatos disponibles comercialmente para el control de *Phytophthora cinnamomi*. En: Memorias. Congreso Mundial del Aguacate, Actas VI. Viña del Mar, Chile. 4 p.
- Gilles, T., K. Phelps, J.P. Clarkson and R. Kennedy. 2004. Development of MILIONCAST, an improved model for predicting downy mildew sporulation on onions. Plant Disease 88(7): 695-702.
- Gisi, H.B., H. Binder and E. Rimbach. 1985. Synergistic interactions of fungicides with different modes of action. Transactions of the British Mycological Society 85(2): 299-306.
- Gisi, U and Y. Cohen. 1996. Resistance to phenylamide fungicides: A case study with *Phytophthora infestans* involving mating type and race structure. Annual Review of Phytopathology 34: 549-572.
- Gisi, U. and H. Sierotzki. 2008. Fungicide modes of action and resistance in downy mildews. European Journal of Plant Pathology 122(1): 157-167.
- Hausbeck, M.K. 2005. Pest management in the future. A strategic plan for the Michigan onion industry. pp. 19-20. Workshop Summary November 4-5, 2002. Michigan State University, East Lansing, Michigan. 52 p.
- Heil, M. and R.M. Bostock. 2002. Induced systemic resistance (ISR) against pathogens in the context of induced plant defences. Annals of Botany 89(5): 503-512.
- Hildebrand, P.D. and J.C. Sutton. 1982. Weather variables in relation to an epidemic of onion downy mildew. Phytopathology 72(2): 219-124.
- Hildebrand, P.D. and J.C. Sutton. 1984. Interactive effects of the dark period, humid period, temperature and light on sporulation of *Peronospora destructor*. Phytopathology 74(12): 1444-1449.
- Horsfall, J.G. and R.W. Barratt. 1945. An improved grading system for measuring plant disease. Phytopathology 35: 655.
- Kofoet, A. and K. Fischer. 2007. Evaluation of plant resistance improvers to control *Peronospora destructor*, *P. parasitica*, *Bremia lactucae* and *Pseudoperonospora cubensis*. Journal of Plant Disease and Protection 114(2): 54-61.
- Krauthausen, H.J., E. Richter, S. Hagner and M. Hommes. 2001. Epidemiology and control (Based on thresholds) of leaf diseases (*Peronospora destructor*, *Botrytis* spp.) and thrips (*Thrips tabaci*) in onion. Acta Horticulture 555: 137-140.
- Lobato. M.C., F.P. Olovieri, G. Daleo y A. Andreu. 2007. Efecto inhibitorio de compuestos fosfitos sobre el crecimiento de patógenos de papa *in vitro*. En: Memorias XI Congreso Argentino de Microbiología. Asociación Argentina de Microbiología, Córdoba, Argentina.
- Lovatt. C.J. and R.L. Mikkelsen. 2006. Phosphite fertilizers: What are they? Can you use them? What can they do?. Better Crops 90(4): 11-13.

- Maeso, D.C. 2005. Evaluación de fungicidas para el control de mildiú de la cebolla (*Peronospora destructor*) aplicados según el sistema de pronóstico downcast. Jornada técnica de investigación en ajo y cebolla. Programa Nacional de Horticultura, Serie de Actividades de Difusión No. 442. INIA, Las Brujas, Uruguay. 23 p.
- Meer, Q.P. and J.N. Vries. 1990. An interspecific cross between *Allium roylei* Stearn and *Allium cepa* L., and its backcross to *A. cepa*. *Euphytica* 47(1): 29-31.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Corporación Colombia Internacional. 2008. Oferta agropecuaria. Encuesta Nacional Agropecuaria-ENA, Bogotá. 187 p.
- Rodríguez, L.J. 2009. Evaluación de los biopreparados Caldo Súper Cuatro y Agroplux en el control del mildew vellosos (*Peronospora destructor*) en cebolla de bulbo (*Allium cepa*). Trabajo de grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 52 p.
- Rubin, A.E., D. Gotlieb, U. Gisi and Y. Cohen. 2008. Mutagenesis of *Phytophthora infestans* for resistance against carboxylic acid amide and phenylamide fungicide. *Plant Disease* 92(5): 675-683.
- Rubio, N.Y. y D.F. Tovar. 2009. Evaluación del efecto de la aplicación alternada de Caldo Súper Cuatro con el fungicida Ridomil (Metalaxyl + Mancozeb) en el control del mildew vellosos (*Peronospora destructor*) en el cultivo de la cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.). Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja. 60 p.
- Scholten, O.E., A.W. Van Heusden, I. Khrestaleva, K. Burger-Meijer, R.A. Mank, R.G. Antonise, J.L. Harrewijn, W. Van Haecke, E.H. Oost, R.J. Peters and C. Kik. 2007. The long and winding road leading to the successful introgression of downy mildew resistance into onion. *Euphytica* 156(3): 345-353.
- Smillie, R., B.R. Grant and D. Guest. 1989. The mode of action of phosphite: Evidence for both direct and indirect modes of action on three *Phytophthora* spp. in plants. *Phytopathology* 79(9): 921-926.
- Surviliené, E., A. Valiskaité and L. Raudonis. 2008. The effect of fungicides on the development of downy mildew of onions. *Zemdirbyste-Agriculture* 95(3): 171-179.
- Thao, H.T. and T. Yamakawa. 2009. Phosphite (*Phosphorous acid*): Fungicide, fertilizer or bio-stimulator?. *Soil Science and Plant Nutrition* 55(2): 228-234.
- Thizy, A. D. Pillon, J.C. Debourge and G. Lacroix. 1997. Fungicidal compositions containing phosphorous acid and derivatives thereof. US PATENT 4119724. En: <http://www.patentstorm.us/patents/4119724/description.html>; consulta: Junio 2010.
- USAID - RED. 2005. El uso del ácido salicílico y fosfonatos (Fosfitos) para activar el sistema de resistencia de la planta (SAR). Boletín Técnico de Producción. En: http://www.fintrac.com/docs/RED/USAID_RED_Produccion_Uso_de_Acido_Salicilico_08_06.pdf. 4 p.; consulta: septiembre 2009.
- Vallad, G.E. and R.M. Goodman. 2004. Review interpretation of systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop Science* 44: 1920-1934.
- Wordell, F.J., D.A. Martins and M.J. Stadnik. 2007. Foliar spray of treatments in the control of downy mildew and bulb rot in onion. *Horticultura Brasileira* 25(4): 544-549.
- Walters, D., D. Walsh, A. Newton and G. Lyon. 2005. Induced resistance for plant disease control: maximizing the efficacy of resistance elicitors. *Phytopathology* 95(12): 1368-1373.