

EFFECTO DE DOS MICROORGANISMOS Y UN CONSORCIO DE MICORRIZAS EN COMBINACIÓN CON VIRUTA DE PINO SOBRE EL CONTROL DE SARNA POLVOSA (*Spongospora subterranea*) EN PAPA

EFFECT OF TWO MICROORGANISMS, MYCORHIZE AND PINE WOOD SHAVINGS ON THE CONTROL OF POWDERY SCAB (*Spongospora subterranea*) IN POTATO

Andrés Felipe Restrepo Duque¹; Sonia Jaramillo Villegas² y José Miguel Cotes Torres³

Resumen. Se evaluaron los efectos de dos biocontroladores potenciales, un consorcio de micorrizas y viruta de pino sobre el control de *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea* en papa Diacol Capiro muy susceptible a la sarna polvosa. El estudio se realizó en el Centro Agropecuario Paysandú, corregimiento de Santa Elena Medellín a 2.550 msnm, temperatura media de 14 °C y precipitación promedio anual de 2.500 mm. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y cinco tratamientos (*Trichoderma harzianum*; Producto comercial de micorrizas "Mikorhyze lote C7"; *Pseudomonas fluorescens*, viruta de pino y Testigo sin control. Se encontraron porcentajes de incidencia de la enfermedad en raíces (32%) para el tratamiento testigo (sin control), aunque el porcentaje de severidad tanto del testigo como de los demás tratamientos fue bajo, el cual no superó el 0,23%. La expresión de síntomas en tubérculos mostró diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento testigo y la aplicación de *T. harzianum*, micorrizas y *P. fluorescens* a los tubérculos, al igual que la adición de la viruta de pino al suelo. Estos tratamientos redujeron la incidencia y severidad de la sarna polvosa en las raíces y tubérculos. Las variables fisiológicas peso seco de raíces, peso de tubérculos y peso seco de la parte aérea, no presentaron incrementos positivos ni diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Palabras claves: *Pseudomonas*, micorrizas, manejo de enfermedades, biocontrol.

Abstract. The effect of two potential microorganism, mycorrhize and pine wood shavings for management of *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea* in potato cultivar DIACOL Capiro were evaluated. This research was established at the Agricultural Center of Paysandú (Santa Elena – Medellín) to 2,550 masl, average temperature of 14 °C and average annual rainfall of 2,500 mm. A field experiment was established using a randomized complete design with four replications and five treatments (*Trichoderma harzianum*; Comercial product of Mycorhize "Mikorhyze lote C7"; *Pseudomonas fluorescens*, pine wood shavings and check without control). Were found rates of disease incidence in roots (32%) for the check treatment (without any application), although the severity of disease of both the check and another treatments were very low, which did not exceed 0.23%. The expression of symptoms in tubers showed statistically significant difference between check treatment and another treatment and the use of *T. harzianum*, mycorrhize and *P. fluorescens* to tubers, like the addition of pine wood shavings on the floor. These treatments reduced the incidence and severity of powdery scab in roots and tubers. The physiological variables dry weight of roots, tubers and leaf, did not show positive increases or significant differences between treatments evaluated.

Key words: *Pseudomona*, mycorrhize, disease management, biocontrol.

La sarna polvosa de la papa (*Solanum tuberosum* L.), causada por el patógeno *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea*, es una enfermedad limitante en la mayoría de áreas productoras de papa alrededor del mundo, debido a que afecta directamente su sistema radical generando reducciones en la producción de tubérculos, además de dañar su apariencia y disminuir su valor económico. En Colombia, se ha observado un aumento en la distribución geográfica, sobre todo en aquellos departamentos de mayor producción papera como el altiplano Cundiboyacense, Nariño y Antioquia; lo cual puede convertirse en una seria amenaza, si no

se toman las medidas necesarias para controlar su diseminación (García y Navia, 2001).

Sparrow (1958) afirma que *S. subterranea* pertenece a la clase de los Plasmodiophoromycetos que corresponde a aquellos hongos que no producen hifas, pero cuyo cuerpo vegetativo es un plasmodio halocárpico desnudo. El patógeno ha sido observado por varios autores (Karting, 1968; Harrison *et al.*, 1997; Hughes, 1980; Pérez, 1992; Hooker, 1980; Van de Graaf *et al.*, 2005), quienes indican que el microorganismo posee estructuras de resistencia

¹ Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779. Medellín, Colombia. <afrestr1@unal.edu.co>

² Profesora Asociada. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779. Medellín, Colombia. <sjaramal@unal.edu.co>

³ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779. Medellín, Colombia. <jmccotes@unal.edu.co>

Recibido: Mayo 16 de 2008; Aceptado: Septiembre 22 de 2009.

Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 62(2): 5047-5054. 2009

llamadas quistosoros, los cuales contienen las zoosporas primarias que infectan las células de las raíces, estolones o pelos radicales de sus hospederos. Las zoosporas secundarias son liberadas de los zoosporangios formados en las raíces, para generar nuevas infecciones tanto en el tubérculo, como ocurre en otras plantas.

De las tres especies de *Spongospora* (*S. capanulae*, *S. cotulae* y *S. subterranea*), solamente esta última, es considerada de importancia económica (Harrison *et al.*, 1997). Los principales hospederos pertenecen al género *Solanum*, pero es común encontrar *S. subterranea* atacando otras solanáceas como tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), uchuva (*Physalis peruviana* L.) y varias malezas como yerbamora (*Solanum nigrum* L.) y *Nicotiana rustica* L. (Hooker, 1980). También es registrada por Van de Graaf *et al.* (2005) afectando remolacha (*Beta vulgaris* L.), rábano (*Rabanus sativus* L.) y espinaca (*Spinacia Oleracea* L.).

Diferentes medidas culturales han sido identificadas por varios autores para minimizar los riesgos de la enfermedad (Burgess *et al.*, 1992; Harrison *et al.*, 1997; Pérez, 1992; Hooker, 1980). Algunas de ellas incluyen, siembra de semilla libre de la enfermedad, evitar la introducción del patógeno en áreas donde no se encuentra, uso de variedades resistentes, rotación de cultivos, entre otras. Sin embargo, no se han obtenido resultados contundentes que favorezcan el control de la misma en campo.

Hoyos *et al.* (2001), han concentrado sus esfuerzos en la evaluación de microorganismos antagonistas a la sarna polvosa como *Trichoderma harzianum*, y observaron con diferencias significativas la reducción de agallas causadas por *S. subterranea* en las plantas a las cuales se les aplicó el biocontrolador, respecto a aquellas tratadas con fungicidas y las del testigo absoluto. Además, observaron un incremento en el peso seco de la planta de forma significativa; estos resultados son incipientes pero promisorios para el control de la enfermedad, ya que en la actualidad no se cuenta con alternativas de control eficientes.

Por otro lado, se ha realizado un estudio que involucra una nueva y variada alternativa de manejo cultural del patógeno, llevado a cabo por Narváez (2005), en el cual se añadió viruta de pino al suelo, para mejorar las propiedades físicas y adicionalmente, se observó una reducción de los síntomas de este patógeno, cuando fueron comparados con los tratamientos sin viruta.

La posibilidad de utilizar *Trichoderma* spp. como antagonista a la sarna polvosa, propuesta inicialmente por Harrison *et al.* (1997), no está bien investigada al igual que *Pseudomonas* fluorescentes y micorrizas (VAM). Por tal motivo, es indispensable realizar estudios que generen mayor información acerca de posibilidades eficientes y además económicas, que ayuden en el control biológico de esta enfermedad en campo. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de tres microorganismos antagonistas y viruta de pino en un suelo infestado con *S. subterranea*, sobre el control de la sarna polvosa en papa Diacol Capiro, la cual es muy susceptible a dicha enfermedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en "Paysandú", Centro Agropecuario de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, ubicado en el corregimiento de Santa Elena, Antioquia, en la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo (bh-MB). Temperatura media de 14 °C, altura de 2.550 msnm y una precipitación media anual de 2.500 mm.

Se construyeron 20 parcelas con bloques de cemento sobre el suelo sin vegetación, cada una con un área total de 1 m² y una profundidad de 20 cm. Dentro de cada unidad experimental, se adicionó suelo infestado con *S. subterranea* proveniente de un cultivo de papa variedad Diacol Capiro, ubicado en el municipio de la Unión, Antioquia.

El inóculo inicial era en promedio 1,12 x 10⁶ quistosoros•g⁻¹ de suelo. Para determinar la concentración inicial se tomaron tres muestras de suelos en campo, se secaron durante ocho días, posterior se procedió a tomar 100 g de este suelo, el cual se homogenizó con un rodillo, para desmenuzarlo, luego se paso por los tamices de 250 µ y 90 µ. Obtenidas las partículas de suelo que pasaron por el tamiz de 90 µ, estas se llevaron a un tubo falcón. Para la preparación de la dilución, se tomó 0,1 g de suelo tamizado, al cual se le adicionaron 10 mL de agua destilada, con ésta solución se procedió a realizar los respectivos conteos, para lo cual se utilizó una cámara Neubauer.

Como material vegetal se utilizaron tubérculos-semilla certificados de la variedad Diacol Capiro, las cuales se distribuyeron en cada parcela (unidad experimental) de a tres semillas por surco y cada surco separado entre sí 30 cm, para un total de nueve plantas por metro cuadrado.

La inoculación de los posibles agentes de biocontrol se hizo al momento de la siembra. Las concentraciones fueron las siguientes: para *T. harzianum* se preparó una suspensión acuosa de 1×10^9 esporas•mL⁻¹ (Hoyos *et al.*, 2008); y para *P. fluorescens* se preparó una suspensión acuosa de 5×10^8 ufc•mL⁻¹. Ambas soluciones fueron distribuidas en 72 vasos plásticos de seis onzas (36 para cada microorganismo), repartiendo en cada uno 18 y 55 mL respectivamente. En cada vaso se depositó un tubérculo-semilla que permaneció sumergido en la solución durante diez minutos, haciendo contacto directo con sus estructuras reproductivas antes de ser transportados a campo. El inóculo del producto comercial Mikorhyze lote C7, estuvo conformado por 100 esporas•g⁻¹ de las especies (*Glomus fasciculatum*, *Scutellospora heterogama*, *Glomus mosseae*, *Glomus manihotis*, *Acaulospora rugosa* y *Entrophospora colombiana*), fragmentos de micelio, raíces y sustrato (arena-suelo). La cantidad establecida por el fabricante fue 50 g•tub⁻¹ aplicados directamente al sitio de siembra. Finalmente, para el tratamiento con viruta de pino,

esta se colocó a razón de dos kg por parcela, y se mezcló homogéneamente con el suelo antes de siembra de los tubérculos-semillas.

Quince días después de la siembra de los tubérculos, se hizo una inoculación con *S. subterranea* en cada parcela, con el fin de incrementar el nivel de inóculo del suelo y aumentar las posibilidades de expresión de la enfermedad. Se depositaron 50 mL de la suspensión de quistosoros (Quistosoros diluidos en 50 ml de agua) a una concentración total de 950.000 quistosoros por parcela de 1 m².

Para garantizar el crecimiento y desarrollo adecuado del cultivo de papa, se suministraron enmiendas y fertilizantes (Tabla 1), de acuerdo con un análisis de suelos realizado previamente. La fertilización se dividió en dos etapas: la primera al momento de la siembra donde se aplicaron la mayoría de fertilizantes, y la segunda en el aporque (30 días después de la siembra), cuando las plantas presentaron una altura promedio de 10 cm.

Tabla 1. Fertilizantes aplicados durante el ciclo del cultivo de papa empleado para evaluar el efecto de microorganismos antagonísticos y viruta de pino sobre el control de sarna polvorosa.

Labor	Fuente	Cantidad (g•m ⁻²)
Siembra	DAP*	100
	Gallinaza	200
	K ₂ SO ₄	90
	Mg ₂ SO ₄	100
	Yeso	100
Aporque	DAP	60
	Gallinaza	200
	Yeso	100

*DAP = Fosfato diamónico

Adicionalmente, se realizó el mantenimiento de las parcelas con actividades como: monitoreos semanales, desyerbas y manejo de plagas y enfermedades predominantes del cultivo. Se efectuaron aplicaciones de insecticidas (0,0-dietil-0-3, 5,6-tricloro-2-piridilfosforotioato) y fungicidas protectantes (etilen-bis-ditiocarbamato demanganeso), en dosis comerciales recomendadas por el fabricante, según las condiciones ambientales, para el control de *Epitrix* sp. y *Phytophthora infestans*, respectivamente.

Cuatro meses después de la siembra, se cosecharon las plantas de todas las parcelas y se evaluaron los síntomas de *S. subterranea* en tubérculos y raíces, de acuerdo con la escala propuesta por Falloon *et al.* (1995) y Álvarez *et al.* (2001), respectivamente. Además, se determinó la materia seca de raíces, hojas y tallos (48 horas a 77 °C), el número y peso de tubérculos (balanza electrónica) y el número de tallos (conteo directo).

Con base en la presencia y grado de infección, enfermedad en tubérculos y raíces expresadas se obtuvieron la incidencia y severidad de la como:

$$\text{Incidencia en raíces} = \frac{\text{Número de plantas por parcela que presentaron síntomas en raíz}}{\text{Número total de plantas por unidad experimental}}$$

$$\text{Incidencia en tubérculos} = \frac{\text{Número de tubérculos por planta que presentaron síntomas}}{\text{Número total de tubérculos por planta}}$$

Severidad en raíces = Evaluada directamente por escala visual de Álvarez *et al.* (2001).

$$\text{Severidad promedio de tubérculos por planta} = \frac{\sum_{i=1}^{10} w_i n_i}{N}$$

Donde w_i es el porcentaje del tubérculo enfermo evaluado mediante escala visual

n_i es el número de tubérculos por categoría de la escala visual

N es el número total de tubérculos por planta

El estudio se desarrolló bajo un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos estuvieron conformados de la siguiente manera: **T1**: *T. harzianum*; **T2**: Producto comercial de micorrizas "Mikorhyze lote "C7"; **T3**: *P. fluorescens*; **T4**: viruta de pino y **T5**: Testigo (sin control).

Las variables de incidencia y severidad en raíces y tubérculos tuvieron una transformación arco seno de la raíz cuadrada del valor observado ($\text{arcSin}\sqrt{X/100}$), y las medias fueron retransformadas a la escala original. Para la incidencia en raíces, se utilizó el siguiente modelo lineal:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_j$$

Donde, y_{ij} es la observación en el i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición; μ es la media general; τ_i es el efecto de i -ésimo tratamiento ($i=1,2,..,5$) y ε_j es el efecto del error de i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición ($j=1,2,3,4$), el cual se asume para ser normalmente distribuido con media cero y varianza heterogénea.

Para la incidencia en tubérculos, y la severidad en raíces y tubérculos, se utilizó el siguiente modelo lineal:

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \varepsilon_j + \delta_{ijk}$$

donde, y_{ijk} es la observación en el i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición y en la k -ésima planta, δ_{ijk} es el efecto del error de submuestreo del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición, en la k -ésima planta ($k=1,2,..,9$), el cual se asume para ser normalmente distribuido con media cero y varianza heterogénea.

Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el procedimiento GLM de SAS System v. 9.1.3 (SAS, 2004), y se obtuvieron las medias ajustadas por mínimos cuadrados. El nivel de significancia utilizado fue de 5% ($\alpha = 0,05$), usando la prueba de Tukey-Kramer.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, para las variables de incidencia y severidad de la enfermedad, evaluadas en raíces y tubérculos (Tabla 2).

Tabla 2. Cuadrado medio del error entre tratamientos y valor de P, para incidencia y severidad de la sarna polvorosa en raíces y tubérculos de papa.

Variable	CME*	P>F
Incidencia en raíces	0,0389	0,0105
Severidad en raíces	0,0024	0,0497
Incidencia en tubérculos	0,0115	<,0001
Severidad en tubérculos	0,0060	<,0001

* Cuadrado medio del error

El tratamiento testigo tuvo el mayor porcentaje de incidencia (32%) (Figura 1), demostrando que los tratamientos evaluados redujeron la expresión de la enfermedad y que efectivamente las plantas con mayor expresión de la enfermedad, fueron aquellas a las que no se le realizó ningún tipo de tratamiento para el control de la sarna polvorosa. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el testigo y *P. fluorescens* y los

tratamientos con *T. harzianum*, micorrizas y viruta, presentando una incidencia en raíces de 32%, 21% y 5%, 3% y 1% respectivamente (Figura 1). *T. harzianum*, micorrizas y viruta tuvieron los porcentajes de incidencia más altos pero a la vez, contrastaron con los porcentajes de severidad obtenidos (Figura 2), los cuales mostraron niveles muy bajos de enfermedad 0,22%; 0,088% y 0,019%, respectivamente.

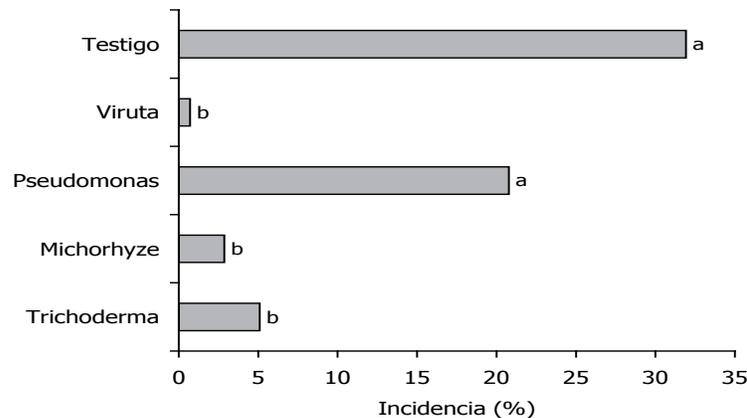


Figura 1. Medias ajustadas para la incidencia de la sarna polvorosa en raíces de papa (0-100) en cada uno de los tratamientos evaluados. Medias con la misma letra indica que no hay diferencias significativas según la prueba de Tukey-Kramer ($\alpha=0,05$).

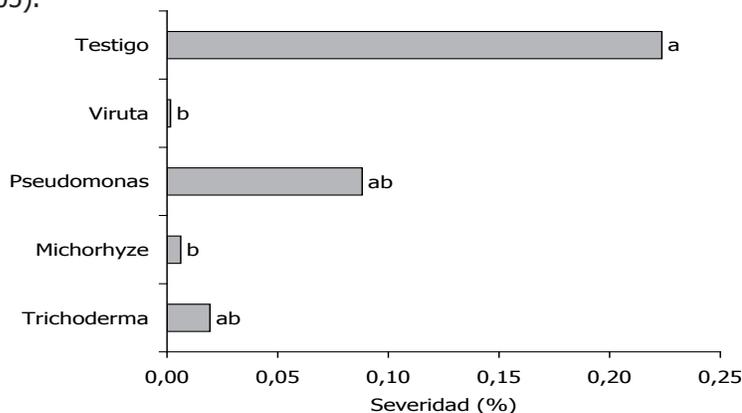


Figura 2. Medias ajustadas para la severidad de la sarna polvorosa en raíces de papa (0-100) en cada uno de los tratamientos evaluados. Medias con la misma letra indica que no hay diferencias significativas según la prueba de Tukey-Kramer ($\alpha= 0,05$).

Lo anterior demuestra que aunque se presentaron daños en los tratamientos diferentes al testigo, estos no fueron lo suficientemente severos como para ocasionar daños graves en el sistema radical, que afectaran su funcionalidad. Se destaca la menor incidencia en el tratamiento con viruta, lo que sugiere que el proceso de metabolismo de los microorganismos descomponedores que la digieren, o los compuestos presentes en dicha viruta, pueden tener efectos negativos en el patógeno. El menor efecto tanto en la incidencia como en la severidad de la enfermedad, sin diferencias significativas lo tuvo *Pseudomonas*, posiblemente por proceder de rizósfera y condiciones ambientales muy diferentes (cultivos de banano) a los ecosistemas paperos.

Comparado con el testigo, las micorrizas y la viruta de pino, redujeron la severidad en raíces, sin diferencias significativas con respecto a *Trichoderma* y *Pseudomonas* (Figura 2), lo que permite inferir que los tratamientos

son promisorios para reducir los daños causados por la sarna polvosa en la papa, pues a pesar de que no se logró una alta severidad en el testigo, si se observa el efecto benéfico de dichos tratamientos. Es posible que los suelos cultivados con papa frecuentemente, tengan la microbiota suprimida por el alto uso de agroquímicos, proporcionando un medio favorable para el ataque de *S. subterranea*, causando la enfermedad en papa.

La incidencia en tubérculos tuvo un comportamiento similar a la incidencia en raíces. El testigo (sin control), tuvo la mayor incidencia (2,4%) (Figura 3), lo que confirma las ventajas de los tratamientos con microorganismos y viruta de pino. Hubo diferencias significativas únicamente entre el testigo y los demás tratamientos. Sin embargo, es de resaltar que estas diferencias se presentaron con severidades bajas de enfermedad (menores de 1,3%; Figura 4) y es necesario realizar mayores estudios para confirmar estos resultados en condiciones de daño más severo.

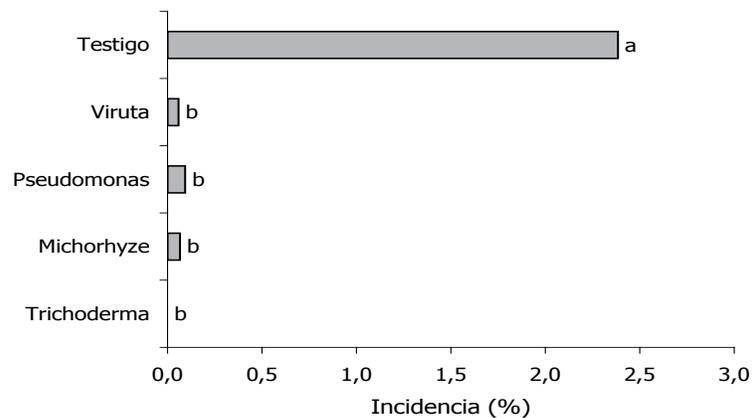


Figura 3. Medias ajustadas para la incidencia de la sarna polvorosa en tubérculos de papa (0-100) en cada uno de los tratamientos evaluados. Medias con la misma letra indica que no hay diferencias significativas según la prueba de Tukey-Kramer ($\alpha=0,05$).

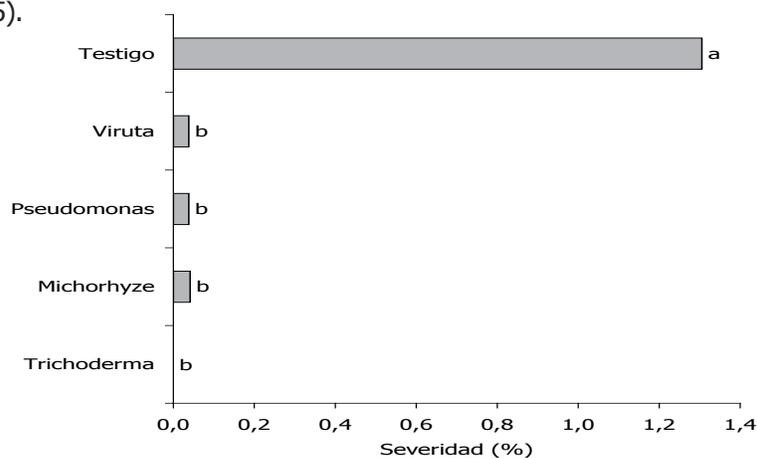


Figura 4. Medias ajustadas para la severidad de la sarna polvorosa en tubérculos (0-100) en cada uno de los tratamientos evaluados. Medias con la misma letra indica que no hay diferencias significativas según la prueba de Tukey-Kramer ($\alpha= 0,05$).

Para la severidad en tubérculos, se encontraron diferencias significativas solamente entre el tratamiento testigo y los demás tratamientos, disminuyendo la severidad de la enfermedad de 1,30% a menos de 0,04% para los tratamientos con micorrizas, *Pseudomonas* y viruta de pino, los cuales no alcanzaron a ocasionar daños en los tejidos internos de los tubérculos. Es posible que los tratamientos utilizados hubiesen protegido completamente los tubérculos, o que se presentó un efecto de competencia con este patógeno, impidiendo el desarrollo de la enfermedad, ya que no se observaron síntomas como puede apreciarse en las Figuras 3 y 4.

Con estos resultados se puede concluir que el desarrollo de la enfermedad es diferente para raíces y tubérculos, siendo más rápido en raíces, lo cual concuerda con lo hallado por Jaramillo y Botero (2007), quienes evaluaron bajo condiciones controladas varias poblaciones de *S. subterranea*, en rotaciones entre Diacol Capiro e ICA Puracé en tres ciclos de siembra y encontraron que la incidencia y severidad de la enfermedad fue menor siempre en tubérculos que en raíces y en las primeras cosechas no había niveles altos de la enfermedad. Es posible que el inóculo se vaya incrementando de una generación del cultivo a la siguiente.

En cuanto a las variables fisiológicas, no hubo diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre los tratamientos para las

variables peso de tubérculos, peso seco de raíces y peso seco de la parte aérea (Tabla 3). Sin embargo, Hoyos *et al.* (2001) y Hoyos *et al.* (2008) encontraron que la aplicación del antagonista *Trichoderma asperellum* T 84 y T109, incrementó el peso seco de la planta de forma significativa, dando indicios de incrementos en la producción y tolerancia a enfermedades, ya que la planta al parecer tiene un mejor estado nutricional.

Un factor importante que influyó sobre el comportamiento y desarrollo de la enfermedad en campo, fue la disponibilidad de agua, pues aunque la lluvia registrada en el período de realización del estudio (Abril-Julio), fue de alrededor de 850 mm, los últimos tiempos se han caracterizado por altas intensidades de lluvia, alternados con periodos secos y cálidos, generando posibles cambios bruscos de humedad en el suelo, puesto que no se disponía de riego, condición que pudo afectar la germinación de zoosporas y movilidad de las mismas hasta la superficie de las raíces y/o tubérculos en desarrollo. Van de Graaf *et al.* (2005), señalaron que la humedad del suelo y la temperatura, determinan en gran medida la germinación de las zoosporas presentes en el suelo y mencionaron que las plantas que se desarrollaron en suelos con humedad constante, presentaron un mayor porcentaje de infección de la enfermedad, en comparación con aquellas que se desarrollaron en suelos con humedad fluctuante.

Tabla 3. Cuadrado medio del error entre tratamientos y valor de P, para variables fisiológicas medidas en la evaluación de alternativas de control de la sarna polvorosa en papa.

Variable	CME*	P>F
Peso de tubérculos	0,6032	0,9584
Peso seco raíces	0,5197	0,3728
Peso seco parte aérea	0,7494	0,4762

* Cuadrado medio del error

CONCLUSIONES

Bajo condiciones de campo en una primer ciclo de siembra y realizando inoculación del suelo, la incidencia de sarna polvosa en las raíces fue relativamente más alta que la severidad, alcanzando en el testigo absoluto un 31% de incidencia y 0,23% en la escala de severidad.

Todos los tratamientos presentaron baja severidad de la enfermedad en raíces. El uso de *T. harzianum*,

Mikorhyze, y viruta de pino, reduce la incidencia de la enfermedad en raíces de 31,91% a menos de 5,10%.

En el suelo inoculado con *T. harzianum* no se observó ataque del patógeno en tubérculos. El uso de Mikorhyze, *P. fluorescens*, y viruta de pino, redujo la severidad en tubérculos de 1,3% a menos 0,04%.

No se obtuvieron incrementos en peso seco de raíces, peso de tubérculos y peso seco de la parte

aérea, cuando se realizaron las inoculaciones de los diferentes agentes de biocontrol y la aplicación de viruta de pino.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, C., M. Rojas, G. Correa, J.C. Pérez y S. Jaramillo. 2001. Efecto del cinc sobre la sarna polvosa de la papa (Var. Diacol Capiro). Ventana al Campo con el Mejor Entorno Ambiental 2: 17-18.

Burgess, P.J., F.J. Burnett, P.S. Brereton, S.J. Wale and A.H. Sincalir. 1992. An overview of the influence of zinc on the severity of powdery scab in potatoes. Aspects of Applied Biology 33: 143-150.

Falloon, R.E., S.L.H. Viljanen-Rollinson, G.D. Coles and J.D. Poff. 1995. Disease severity keys for powdery and downy mildews of pea, and powdery scab on potato. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 23: 31-37.

García, C. y E. Navia. 2001. Subproyecto 1: Estudios de biología y patología de *Spongospora subterranea* en la Sabana de Bogotá. En: RedePapa, <http://www.redepapa.org/celsa.pdf>. pp. 1-17; consulta: mayo 2008.

Harrison, J.G., R.J. Searle and N.A. Williams, 1997. Powdery scab disease of potato—a review. Plant Pathology 46(1): 1-25.

Hooker, W. 1980. Compendio de enfermedades de la papa. pp. 49-53 y 134-140. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú.

Hoyos, L., J.C. Pérez y S. Jaramillo. 2001. Subproyecto 4. Evaluación del efecto de *Trichoderma* spp. sobre *Spongospora subterranea* en papa variedad Diacol Capiro bajo condiciones de invernadero. En: RedePapa, <http://www.redepapa.org/celsa.pdf>. pp. 28-39; consulta: mayo 2008.

Hoyos, L., S. Jaramillo y S. Orduz. 2008. Evaluación de *Trichoderma asperellum* como biorregulador de *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea*. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín 61(2): 4496-4502.

Hughes, I.K. 1980. Powdery scab (*Spongospora subterranea*) of potatoes in Queensland: occurrence, cultivar susceptibility, time of infection, effect of soil pH, chemical control and temperature relations. Australasian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 20(106): 625-632.

Jaramillo, S. y J.M. Botero. 2007. Respuesta de diferentes poblaciones de *Spongospora subterranea* f. sp. *Subterranea* a la rotación entre dos variedad de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena*). Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín 60(2): 3859-3876.

Karling, J.S. 1968. The plasmodiophorales. Second edition. Hafner Publishing Company. New York. 256 p.

Narvaez, C. 2005. Evaluación del efecto de diferentes concentraciones de inóculo de *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea* sobre plantas de papa, variedades Diacol Capiro e ICA Puracé. Trabajo de grado Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 87 p.

Pérez, L. 1992. Sarna polvorosa de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Agricultura Tropical 28: 69-74.

SAS. 2004. SAS/STAT 9.1 User guide. SAS Institute, North Carolina.

Sparrow, F.K. 1958. Interrelationships and phylogeny of the aquatic phycomycetes. Micologia 50: 797-813.

Van de Graaf, P., A.K. Less, S.J. Wale and M.J. Duncan. 2005. Effect of soil inoculum level and environmental factors on potato powdery scab caused by *Spongospora subterranea*. Plant Pathology 54 (1): 22-28.