

# Eficacia de dos formulaciones a base de *T. koningiopsis* Th003 para el control de *R. solani* en campo

Camilo Beltrán, Alexander Smith, Alba Marina Cotes, Carlos Andrés Moreno

## Introducción

La semilla es uno de los principales factores e insumos en el proceso de producción de papa, pero de su calidad y del manejo agronómico del cultivo dependen en gran parte los rendimientos (Corzo, 2000). En la primera fase del proceso de producción de semilla certificada de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena*, *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* y *Solanum phureja*), para siembra de material libre de virus se utilizan plántulas originadas por propagación *in vitro* (plantas madre) buscando producir minitubérculos o esquejes (semilla Súper élite), los cuales a su vez darán origen en condiciones *in vitro* a plántulas que se siembran en invernadero o casa de malla, produciendo hasta dos generaciones de tubérculos que corresponden a la categoría Élite. En la segunda fase estos tubérculos a su vez po-

drán generar en campo hasta dos descendencias de las categorías Básica y Registrada, y hasta una generación de semilla certificada (ICA, 2003).

La legislación fitosanitaria en Colombia exige una sanidad del 100 % de los minitubérculos (Súper élite) y tubérculos (Élite) producidos en la primera fase. Esto quiere decir que no se permite la presencia de ningún insecto plaga ni de fitopatógenos, incluyendo la presencia de *Rhizoctonia solani*. Sin embargo, en la segunda fase de producción de semilla sí se permite una tolerancia leve a moderada para la enfermedad rhizoctoniasis en los tubérculos (ICA, 2003). Se estima que tan solo el 1 % del total de la producción de papa en Colombia utiliza semilla certificada, haciendo parte importante de la problemática de la baja productividad de este cultivo.

*R. solani* es un hongo Basidiomycete que tiene una amplia distribución mundial (Tsrer, 2010) y en Colombia afecta de forma importante al cultivo de la papa desde las fases de producción de semilla Élite, convirtiéndose ésta en una etapa crítica para implementar medidas de control fitosanitario buscando prevenir la diseminación de la enfermedad en los suelos utilizados para producción de semilla y de papa dirigida al consumo.

El control de la rhizoctoniasis de la papa es difícil, debido a que el patógeno sobrevive en el suelo por varios años como esclerocios o como micelio en la materia orgánica; adicionalmente, la enfermedad puede dispersarse fácilmente por los esclerocios que están en la superficie de los tubérculos (Hyakumachi y Ui, 1982; Tsor, 2010). El control de *R. solani* se ha realizado de forma tradicional con los fungicidas de síntesis química Carboxin, Captan y Benomil con el propósito de recubrir semilla, y con Carbendazim y Tiabendazol para aplicación al suelo o a la planta sin que se obtengan resultados satisfactorios. Por tanto, es necesario desarrollar nuevas estrategias de control e implementar dichas estrategias en programas de manejo integrado.

El control biológico con *Trichoderma* spp. es una de las alternativas sostenibles y quizá la más estudiada para el control de patógenos del suelo (Vinale *et al.*, 2008). En un estudio previo, la actividad antifúngica de los

aislamientos *Trichoderma koningiopsis* Th003 y *T. asperellum* Th034 fue evaluada contra *R. solani* en plántulas de papa (*Solanum tuberosum*) var. parda pastusa, mostrando alta actividad antagonista (eficacia en reducción de la incidencia de 45 % y 19 %, respectivamente) y también efectos de promoción de crecimiento vegetal (Beltrán *et al.*, 2005 y 2007). Con cada uno de estos dos antagonistas se desarrollaron dos prototipos de formulación: un polvo mojable (WP) y un granulado dispersable (WG), cuya eficacia fue evaluada contra *R. solani* en plántulas de papa (Beltrán *et al.*, 2010). En este último estudio las formulaciones WP de ambos antagonistas fueron más eficaces en la reducción de la enfermedad, pero la formulación WG a base de *T. asperellum* presentó una eficacia significativamente inferior.

Según los resultados de los estudios previos, *T. koningiopsis* Th003 ha mostrado la eficacia más alta y consistente en el control de *R. solani* en papa, lo cual es necesario validar en condiciones de campo. En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue determinar la actividad biocontroladora de las formulaciones WG y WP a base de Th003 sobre *R. solani* en condiciones semicontroladas y en campo abierto.

## **Materiales y métodos**

### **Uso de formulaciones a base de *T. koningiopsis* (Th003) para la producción de semilla Élite de papa libre de *R. solani***

#### **Ubicación**

El experimento se realizó en la vereda El Alizal, del municipio Carmen de Carupa-Cundinamarca, en la finca El Recuerdo (5° 19.901' N - 73° 51.939' O y 2.700 m.s.n.m.), propiedad de un productor de semilla certificada de papa.

#### **Material vegetal y condiciones ambientales**

Se utilizaron 3.380 plántulas de papa var. parda pastusa de tres semanas de edad propagadas *in vitro*. Estas plántulas se trasplantaron con una distancia de siembra de 15 cm en camas (20 m x 0,9 m) con sustrato suelo y escoria (3:2) en un invernadero tipo túnel (Figura 12) con temperatura y humedad

relativa promedio de 20 °C y 65 % respectivamente. En este experimento se reutilizó el sustrato empleado en el ciclo anterior de producción de semilla que presentó esclerocios de *R. solani* en la superficie. Una semana antes del trasplante el sustrato se desinfectó con Benomil (Benlate 0,5 g/l) y Clorpirifos (Lorsban 4EC 2 ml/l), aplicados por aspersion con una fumigadora de espalda. Durante el primer mes de establecimiento las plantas recibieron riego con manguera cada tercer día y luego se aplicó riego por goteo. Para la fertilización se utilizó Nitro K® 13-3-43 (2 kg/200 l) y fosfato monopotásico® 0-52-34 (500 g/200 l); después del aporque se aplicó 12-24-12 (4 kg/cama). Los fungicidas Dimetomorph (Forum 500® WP) y Propineb+Cimoxanil (Fito-raz 76® WP) se asperjaron en dos ocasiones para el control de goma; y para el control de áfidos se realizó una aplicación con Acefate (Orthene).



**Figura 12.** Producción de minitubérculos en invernadero

## Tratamientos

Se evaluaron 3 tratamientos: (i) Producto WP a base de la cepa Th003 ( $1 \times 10^6$  conidios. $\text{ml}^{-1}$ ); (ii) Producto WG a base de Th003 ( $1 \times 10^6$  conidios. $\text{ml}^{-1}$ ); (iii) Fungicida Tolclofos metil (Rizolex 75 WP) (0,4 g/L); y se incluyó un testigo en el cual no se realizó ningún control de la enfermedad (iv). Los bioplaguicidas se aplicaron en drench, utilizando 15 ml/planta en los siguientes tiempos de crecimiento: al trasplante, 7, 21, 35, días después del trasplante (ddt) y luego del aporque. El producto químico (4 g/10 l) fue aplicado también en drench al trasplante, 7 y 21 (ddt).

## Diseño experimental y análisis de datos

El ensayo se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar (BCA) con cinco repeticiones. La unidad experimental consistió en un área

de 22,5 m<sup>2</sup>. Al finalizar el ciclo de cultivo (7 meses después de siembra) se tomó una muestra de 100 minitubérculos, a los que se les evaluó la presencia de esclerocios y se calificó la cantidad de estos en la superficie de acuerdo con una escala predeterminada (Tabla 6). También se registró el rendimiento de minitubérculos en términos de peso (kg/m<sup>2</sup>). Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza (ANAVA) y los promedios se compararon con la prueba DMS ( $P < 0,05$ ), utilizando el programa estadístico Statgraphics Plus 4.0.

**Tabla 6.** Escala de severidad de la enfermedad causada por *R. solani* en tubérculos de papa

Grado	Descripción de la enfermedad	Rango de esclerocios	Área superficial con esclerocios (%)
1	Trazas - ligeramente	1 - 10	0 - 5
2	Altamente ligero	11 - 20	5 - 10
3	Moderadamente alto	21 - 30	> 10
4	Severo	31 - 40	> 10

## Uso de formulaciones a base de *T. koningiopsis* (Th003) para el control de *R. solani* en condiciones de campo

### Ubicación

En predios de la finca El Laurel (5° 21.082' N 73° 32.005' O y 2.860 m.s.n.m.), vereda Montoya del municipio de Ventaquemada (Boyacá), se estableció una parcela experimental de 640 m<sup>2</sup>.

### Material vegetal y condiciones experimentales

Se utilizó semilla Básica de papa var. parda pastusa. La semilla fue tratada, según el caso, con producto biológico o fungicida químico y se almacenó en bodega semioscura para estimular la brotación.

Bajo un Diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA) con cuatro repeticiones, se evaluaron cuatro tratamientos: (i) Testigo (manejo convencional de la enfermedad) –la semilla se recubrió con el fungicida Carboxin + Captan (Vitavax®) 4 g/kg de semilla–; (ii) Bioplaguicida Th003

WP –la semilla de papa se recubrió con el producto en seco (5 g/kg semilla) y se aplicó posteriormente como suspensión en agua ( $1 \times 10^6$  conidios. $\text{ml}^{-1}$ ) durante la siembra, luego a los 26, 40 y 61 días–; (iii) Bioplaguicida Th003 WG suspendido en agua ( $1 \times 10^6$  conidios. $\text{ml}^{-1}$ ) en las mismas épocas del tratamiento anterior –la semilla de este tratamiento fue cubierta por Th003 WP–; (iv) Tolclofos metil 75 WP (4 g/10 l).

La unidad experimental consistió en cuatro surcos de 10 m de longitud, en cada uno de los cuales se sembraron 30 tubérculos (la distancia entre surcos fue de 1,0 m). La forma de aplicación de los bioplaguicidas fue en drench, con volumen de aplicación de 30 ml por planta.

Antes de la siembra se incorporaron 160 kg de  $\text{CaCO}_3$ ; y para la fertilización de fondo se utilizaron 30 kg de urea, 20 kg de sulfato de magnesio, 16 kg de sulfato de potasio, y después del aporque se aplicaron 50 kg de fertilizante 15-15-15 (NPK).

### **Variables evaluadas y análisis de datos**

Se evaluó el número de esclerocios de *R. solani* formados en la superficie de los tubérculos cosechados, para lo cual se tomó una muestra de 200 tubérculos. Igualmente, se evaluó el rendimiento en la unidad experimental (35  $\text{m}^2$ ). Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza y a la prueba LSD para comparación de medias ( $P < 0,05$ ) utilizando el programa estadístico Statgraphics Plus 4.0.

### **Validación del uso de la formulación WP a base de *T. koningiopsis* (Th003) para el control de *R. solani* en condiciones de campo**

#### **Ubicación**

Se realizó un experimento en cada una de las localidades en las que se llevaron a cabo los experimentos descritos anteriormente: en la finca El Recuerdo en Carmen de Carupa (abril 30 de 2010) y en la finca Buena vista ( $5^\circ 21.082' \text{ N} / 73^\circ 32.005' \text{ O}$ ; 2.860 msnm) en Ventaquemada (mayo 13 de 2010).

## Material vegetal y condiciones experimentales

Como semilla se utilizaron los minitubérculos (semilla Élite) cosechados en el experimento anterior, llevado a cabo bajo invernadero. Se seleccionó la semilla que presentara hasta 10 esclerocios en la superficie, de acuerdo con la norma del ICA. En almacenamiento las semillas fueron peletizadas con el bioplaguicida Th003 WP para los tratamientos respectivos, y todas las semillas se peletizaron con una formulación de Baculovirus (Baculovirus CORPOICA®) para prevenir el ataque de la polilla guatemalteca (*Tecia solanivora*) (Figura 13).



**Figura 13.** Semilla de papa en almacenamiento. A) Semilla peletizada con Baculovirus; B) Semilla peletizada con el bioplaguicida WP *T. koningiopsis* Th003; C) Semilla en almacenamiento.

En ambos experimentos se evaluaron los siguientes tratamientos: (i) Testigo (manejo convencional donde las plantas no recibieron tratamiento para el control de la enfermedad); (ii) Aplicación del bioplaguicida Th003 WP ( $1 \times 10^6$  conidios. $\text{ml}^{-1}$ ); (iii) Aplicación de Th003 WP ( $1 \times 10^6$  conidios. $\text{ml}^{-1}$ ) y del fungicida Tolclofos metil, 75 WP en dosis de 0,4 g/l; (iv) Aplicación de Tolclofos metil, 75 WP (0,4 g/l). Los productos se aplicaron con una fumigadora de espalda sin boquilla, 30 ml aproximadamente por cada planta dirigidos a la base. En Carmen de Carupa se estableció un experimento adicional empleando semilla no certificada.

El tamaño de la unidad experimental fue de 4 surcos de 10 m de longitud (Carmen de Carupa) y de 3 surcos cada uno de 13 m (Ventaquemada). La distancia de siembra fue de 0,3 m entre plantas y 1,0 m entre surcos; se colocaron dos minitubérculos en cada sitio de siembra.

Para el control de gota (*Phytophthora infestans*) se aplicó Propineb (Trivia® WP) y Fosetil Al (Rhodax® 70 WP); y para el control de polilla guatemalteca (*Te-*

*cia solanivora*) se aplicó Metamidofos (Amidor® 60 SL). La fertilización se hizo según las recomendaciones generadas a partir del análisis químico de suelo.

### **Variables evaluadas y análisis estadístico**

Cada dos semanas se evaluó la presencia de pudrición en la base del tallo por *Rhizoctonia*; si bien durante el ciclo del cultivo no se detectó, sí se evidenció el encrespamiento de hojas apicales en algunas plantas.

Se midió el rendimiento de tubérculos cosechados y la incidencia de esclerocios en la superficie. Para estimar el rendimiento se muestreó una longitud de 1 m en el centro de cada unidad experimental, y para medir la incidencia y número de esclerocios se tomó una muestra de 100 tubérculos.

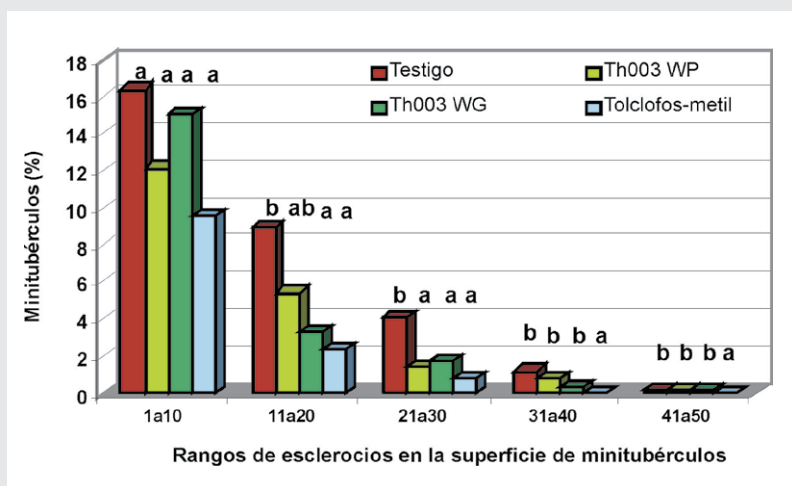
Con los valores de rendimiento y severidad de rhizoctoniasis se efectuó un ANAVA y comparación de medias con la prueba de Tukey HSD ( $\alpha$ : 0,05) con el programa Statistix 9.

## **Resultados**

### **Reducción de la formación de esclerocios en la producción de semilla Élite de papa**

Durante el desarrollo de las plántulas de papa no se observó incidencia de damping-off o rhizoctoniasis; no obstante, al final del ciclo del cultivo fue evidente la formación de esclerocios en la superficie de los minitubérculos muestreados. Durante la cosecha se advirtió formación de esclerocios en todas las categorías de calidad. A continuación se presentan los resultados de la evaluación realizada en los tubérculos categoría cinco o riche, ya que esta categoría presentó la mayor formación de esclerocios.

En todos los tratamientos biológicos se presentó una reducción considerable de la formación de esclerocios en la superficie en comparación con el testigo, aunque las diferencias estadísticas solo se presentaron en el rango de 11 a 20 esclerocios/minitubérculo para la formulación WG y en el rango de 21 a 30 esclerocios para las dos formulaciones (Figura 14).



**Figura 14.** Efecto de la aplicación de dos formulaciones biológicas a base del hongo antagonista *T. koningiopsis* Th003 sobre la formación de esclerocios de *R. solani* en la superficie de minitubérculos semilla. (Parcela experimental de Carmen de Carupa, Cund. – invernadero tipo túnel).

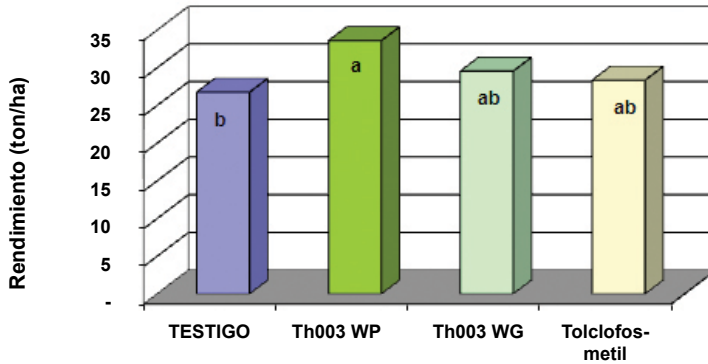
En todos los tratamientos el rango de esclerocios de 1 a 10 fue el que se presentó con mayor frecuencia (9-16 % de los minitubérculos cosechados); en contraste, no fue usual encontrar minitubérculos con más de 31 esclerocios en la superficie. El fungicida Tolclofos metil fue el tratamiento que redujo en mayor proporción la formación de esclerocios en la superficie de los minitubérculos, con una reducción de la incidencia de esclerocios en 41 % y 73 % en los rangos de 1 a 10 y 11 a 20 respectivamente (Figura 14).

Los tratamientos biológicos no presentaron diferencias significativas entre sí en la reducción de la formación de esclerocios sobre los minitubérculos. El bioplaguicida Th003 WG redujo la incidencia de esclerocios en 8,6 % y 62,3 % en los rangos de 1 a 10 y 11 a 20 respectivamente, mientras que el bioplaguicida Th003 WP redujo la incidencia en 26 % y 40 % respectivamente.

### Estimulación del rendimiento de semilla Élite de papa

El tratamiento testigo presentó un rendimiento de 2,7 kg/m<sup>2</sup>; el tratamiento Th003 WP 3,4 kg/m<sup>2</sup>, (26% significativamente mayor que el testigo); el tratamiento Th003 WG 3,0 kg/m<sup>2</sup> (10 % más en relación con el testigo); y el tratamiento químico presentó un rendimiento de 2,8 kg/m<sup>2</sup> (6,0 % más que

el testigo) (Figura 15). Por su parte, el tratamiento Th003 WP tuvo un comportamiento consistente en las evaluaciones realizadas, siendo seleccionado como la mejor formulación para el control de *R. solani*. En la Figura 16 se muestran las categorías de calidad de los minitubérculos cosechados.



**Figura 15.** Efecto de tratamientos biológicos sobre el rendimiento de minitubérculos (semilla Élite) de papa var. parda pastusa. Th003: bioplaguicida a base de *Trichoderma koningiopsis*; WP: polvo; WG: granulado.



**Figura 16.** Tubérculos cosechados separados por categorías. Canasta (de izquierda a derecha) categoría segunda, tercera, cuarta y quinta o riche.

## Reducción de la formación de esclerocios de papa en campo

Durante el desarrollo de las plantas de papa a partir de semilla básica no se observó daño por damping-off ocasionado por *R. solani*, sin embargo fue evidente la sintomatología de entorchamiento de hojas en un 20 % de las plantas y el desarrollo de esclerocios en la superficie de los tubérculos cosechados al final del ciclo de cultivo.

Los tratamientos biológico y químico redujeron significativamente la proporción de tubérculos cosechados con esclerocios entre 1 a 10 formados en su superficie (33 % a 49 %) en comparación con el testigo absoluto, mientras que la proporción de tubérculos con más de 11 esclerocios en la superficie fue similar en todos los tratamientos, pero ésta fue inferior a 1 % (Figura 17). Aunque los tratamientos para controlar al fitopatógeno no presentaron diferencias significativas entre sí, se observó que la aplicación del prototipo Th003 WG tuvo el mayor efecto de reducción de la infección de *R. solani* en los tubérculos. En los tratamientos biológicos y en el testigo absoluto no fue usual la formación de un número mayor de 20 esclerocios en la superficie de los tubérculos.

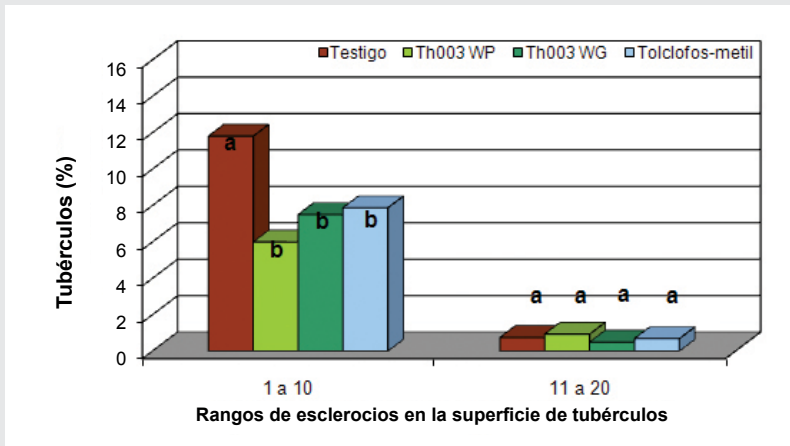


Figura 17. Efecto de formulaciones a base de *T. koningiopsis* Th003 aplicadas en campo sobre la formación de esclerocios del hongo *R. solani* en la superficie de tubérculos para consumo. (Parcela experimental de Ventaquemada, Boyacá).

## Evaluación de los rendimientos de papa en campo

Ninguno de los tratamientos evaluados presentó un efecto significativo sobre el rendimiento (Figura 18); la cual –en términos de ton/ha– estuvo entre 16 y

18. Sin embargo, la aplicación de los prototipos biológicos aumentaron los rendimientos entre 0,5 y 11 % en comparación con el testigo.

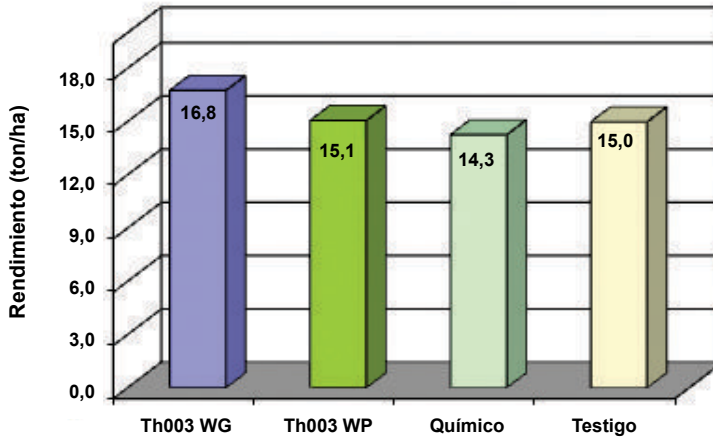


Figura 18. Efecto de formulaciones a base de *T. koningiopsis* Th003 aplicadas en campo sobre el rendimiento.

### Validación del uso de la formulación WP a base de *T. koningiopsis* (Th003) para el control de *R. solani* en condiciones de campo

Durante el desarrollo del cultivo en las parcelas experimentales de ambas localidades no se detectaron síntomas de rhizoctoniasis, como pudrición en los tallos de las plantas o formación de tubérculos aéreos. Tan solo fue



Figura 19. Sintomatología de rhizoctoniasis en plantas. Entorchamiento de hojas apicales (izquierda); Hojas sanas (derecha)

evidente el entorchamiento de hojas apicales en algunas plantas (Figura 19), manifestación del desarrollo de esta enfermedad.

### **Reducción de la formación de esclerocios**

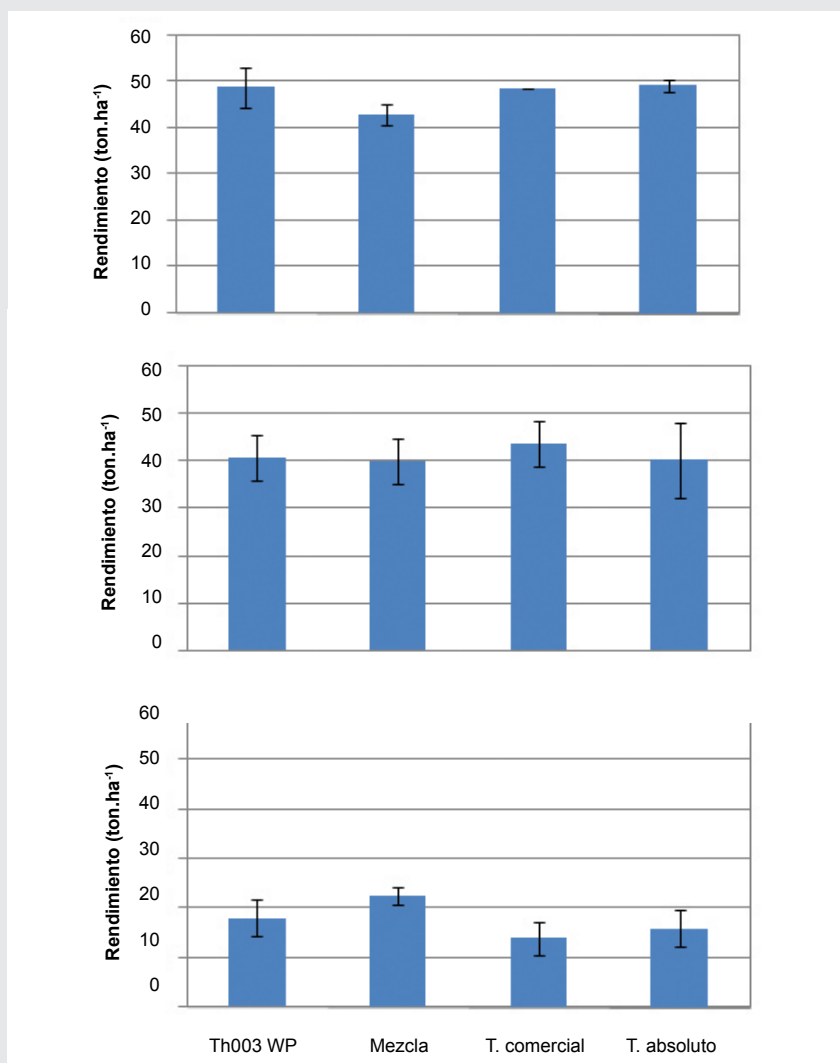
En las dos zonas de estudio el mayor número de tubérculos con esclerocios en la superficie correspondió a aquellos con 1 a 10 esclerocios, máximo valor admisible en la legislación fitosanitaria para semilla certificada (ICA, 2003).

Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con bioplaguicida, químico o la mezcla de ambos tratamientos. En Carmen de Carupa la mayor eficacia en la reducción de tubérculos con esclerocios en el rango de 1 a 10 se obtuvo con las aplicaciones de Tolclofos metil, tanto en el experimento con semilla certificada como en el experimento en donde se utilizó semilla no certificada (Figura 20 A y B). En Ventaquemada la aplicación del bioplaguicida fue el que presentó mayor eficacia (Figura 20 C).

### **Rendimiento del cultivo**

En la parcela experimental con semilla certificada de Carmen de Carupa se encontraron diferencias significativas entre la combinación del bioplaguicida y Tolclofos metil con respecto a los demás tratamientos, los cuales presentaron mayores rendimientos (Figura 21 A). En la parcela experimental con semilla convencional no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos (Figura 21 B). Contrario a los resultados obtenidos en Carmen de Carupa, en Ventaquemada el mayor rendimiento se obtuvo cuando se combinó el tratamiento biológico con el químico (Figura 21 C).





**Figura 21.** Efecto del control biológico y el control químico sobre el rendimiento de papa parda pas-tusa. (A) semilla certificada y (B) semilla no certificada en Carmen de Carupa; (C) semilla certificada en Ventaquemada. Las líneas sobre las columnas indican la desviación estándar entorno al promedio (n=4).

## Discusión

La aplicación de los prototipos de bioplaguicida a base de *T. koningiopsis* Th003 WP y WG al sustrato de siembra en el cultivo de papa disminuyó la formación de esclerocios de *R. solani* en la superficie de los tubérculos; no

obstante, ni en la fase de producción de semilla ni en la de producción de tubérculos se redujo completamente. Esto representa todavía un problema muy serio en la producción de semilla, ya que se corre alto riesgo de dispersar la enfermedad a nuevas áreas, quedando demostrada una vez más la dificultad de controlar este fitopatógeno de suelo; pero se ofrece una nueva alternativa con niveles de control significativos, que no representa riesgos para el ambiente y que puede integrarse con otras medidas de control para el manejo de la enfermedad.

Los rendimientos obtenidos en campo coinciden con el nivel de rendimientos obtenidos a nivel nacional (18 ton/ha) debido a la incidencia de una gran cantidad de problemas fitosanitarios adicional a *R. solani*, tal como pulguilla (*Epirix* sp.) en la fase temprana de desarrollo de la planta; dos ciclos de gota muy fuerte causada por épocas de lluvia constante (tercer y quinto mes de desarrollo), con 43 % de incidencia; y focos de *Rosellinia* sp., que afectó el desarrollo de las plantas desde el tercer mes del cultivo causando pudrición en el cuello del tallo de algunas ramas (25 % de incidencia) y presente hasta la cosecha, donde se observaron tubérculos con signos de la enfermedad mortaja blanca, caracterizada por el crecimiento de micelio blanco, causando una pérdida adicional aproximada del 5 % de la producción.

El control biológico de *R. solani* presenta potencial para la implementación, aunque existen dificultades para generar esquemas de manejo de la enfermedad (Bains *et al.*, 2002; Tsor *et al.*, 2001; van den Boogert and Luttikholt, 2004). En los experimentos de validación se evidenció una respuesta variable a los tratamientos: en algunos casos el control químico presentó mayor eficacia y en otros el control biológico fue mejor. No obstante, dado que en el testigo absoluto la severidad de rhizoctoniasis fue menor que las parcelas tratadas, no fue posible afirmar cuál de los tratamientos evaluados fue el mejor.

Aunque no fue claro el control de la rhizoctoniasis por los diferentes productos, hubo un beneficio en la producción. En Carmen de Carupa el uso de semilla certificada y el bioplaguicida incrementó el rendimiento del cultivo mientras que esto no ocurrió con el uso de semilla convencional, sugiriendo

que el bioplaguicida funciona mejor en un esquema de manejo integrado que incluye el uso de semilla certificada y el empleo adecuado de fungicidas recomendados para el patógeno blanco.

De esta forma, es necesario caracterizar el mecanismo de acción de potenciales biocontroladores de *R. solani* y realizar mayores estudios en campo, tendientes a generar un control a largo plazo de la rhizoctoniasis.

Finalmente, los rendimientos de papa fueron considerablemente más bajos en Ventaquemada en comparación con Carmen de Carupa. Al respecto, Brewer y Larkin (2005) indicaron que las diferencias en rendimiento en cultivos de papa dentro de una misma zona ocurren por condiciones ambientales localizadas en el tiempo. Aún así, la parcela de Ventaquemada presentó una producción cercana al rendimiento promedio nacional de papa (17,6 ton/ha), según la Encuesta Nacional Agropecuaria-2008 (MADR y CCI, 2008).

## Conclusión

La aplicación de *T. koningiopsis* Th003 no redujo significativamente la formación de esclerocios de *R. solani* en la superficie de tubérculos de papa var. parda pastusa, como tampoco aumentó significativamente los rendimientos; sin embargo, constituye una herramienta alternativa para ser incluida en un programa de manejo integrado de la enfermedad, ya que su demostrada actividad biocontroladora sobre el fitopatógeno es una razón para pensar que ésta puede tener un efecto sinérgico o aditivo cuando se combine con otras herramientas de control, como el uso de semilla libre de fitopatógenos y fungicidas registrados.

## Bibliografía

- Bains, P.; Bennypaul, H.; Lynch, D.; Kawchuk, L.; Schaupmeyer, C. (2002). Rhizoctonia disease of potatoes (*Rhizoctonia solani*): Fungicidal efficacy and cultivar susceptibility. *American Journal of Potato Research* 79: 99 - 106.
- Beltrán, C. R.; Moreno, C. A.; Blanco, P.; Villamizar, L.; Cotes, A. M. (2010). Biological control of *Rhizoctonia solani* and growth promotion activity of

- Trichoderma koningiopsis* Th003 and *Trichoderma asperellum* Th034 formulations in potato (*Solanum tuberosum*). IOBC/wprs Bulletin. En: prensa. Beltrán, C. R.; Paris, M. A.; Cotes, A. M. (2007). Selection of isolates of *Trichoderma* spp. with biocontrol activity over *Rhizoctonia solani* in potato. IOBC/WPRS Bulletin. 30: 55 – 58.
- Brewer, M.; Larkin, R. (2005). Efficacy of several potential biocontrol organisms against *Rhizoctonia solani* on potato. Crop Protection 24: 939 - 950.
- Corzo, P. J. (2000). Semilla de papa. P. 72-86. En: Manejo integrado del cultivo de la papa. Manual técnico. CORPOICA, noviembre de 2000. p. 196.
- Díaz, A. C. (2002). Evaluación del fungicida Tiabendazol para el control de *Rhizoctonia solani* Kühn en papa (*Solanum tuberosum*). Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Hyakumachi, M.; Ui, T. (1982). The role of the overwintered plant debris and sclerotia as inoculum in the field occurred with sugarbeet root rot. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 48: 628–633.
- ICA. (2003). Resolución 02501, por la cual se establecen los requisitos mínimos para la producción de semilla certificada de papa. 9 p.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural –MADR–; Corporación Colombia Internacional –CCI–. (2008). Encuesta Nacional Agropecuaria 2008. Bogotá, D.C. pp. 60 - 61.
- Tsrer, L. (2010). Biology, epidemiology and management of *Rhizoctonia solani* on potato. Journal of Phytopathology 158: 649 - 658.
- Tsrer, L.; Barak, R.; Sneh, B. (2001). Biological control of black scurf on potato under organic management. Crop Protection 20: 145 - 150.
- Van den Boogert, P.H.J.F.; Luttikholt, A.J.G. (2004). Compatible biological and chemical control systems for *Rhizoctonia solani* in potato. European Journal of Plant Pathology 110: 111 - 118.
- Vinale, F.; Sivasithamparam, K.; Ghisalberti, E. L.; Marra, R.; Woo, S. L.; Lorigo, M. (2008). *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. Soil Biology and Biochemistry 40: 1-10.