

EVALUACIÓN DE UN BIOFUNGICIDA PARA EL CONTROL DE LA MANCHA BANDEADA DEL MAÍZ CAUSADA POR *Rhizoctonia solani* Kühn EN SIEMBRAS COMERCIALES EN PORTUGUESA, VENEZUELA

EVALUATION OF A BIOFUNGICIDE FOR THE CONTROL OF MAIZE BANDED STRIPE *Rhizoctonia solani* Kühn ON COMMERCIAL FIELDS AT THE PORTUGUESA STATE, VENEZUELA

Pedro J. García M.*, Samuel R. Cabrera P.*, Jimmy J. Sánchez** y Alberto A. Pérez C.*

* Investigadores. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Portuguesa (INIA – Portuguesa). Apdo. Postal No. 102, Acarigua 3301. Email: pejoga@cantv.net, scabrera@cantv.net. ** Investigador. Asociación de Productores Rurales del estado Portuguesa (ASOPORTUGUESA). Departamento Técnico. Apdo. 102. ASOPORTUGUESA@cantv.net

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto de un biofungicida, a base de *Trichoderma harzianum*, sobre la incidencia y la severidad de la enfermedad mancha bandeada del maíz causada por el hongo *Rhizoctonia solani* Kühn, anamorpho de *Thanatophorus cucumeris*, en parcelas comerciales en el estado Portuguesa, Venezuela, durante el ciclo de lluvias de 2001. Se seleccionaron parcelas en 8 localidades donde se presentaba la enfermedad en forma endémica. Las mismas fueron subdivididas en 2 lotes de aproximadamente 5 ha c/u; uno se trató con el biofungicida y el otro se dejó sin tratar. La aplicación se hizo en 2 fases: tratando la semilla con 100 g del biofungicida /20 kg de semilla y una segunda aplicación a los 30 días después de la siembra usando 3,0 l del producto comercial /ha. En cada parcela la siembra de los lotes tratados y no tratados se realizó de manera simultánea. La incidencia y la severidad de la enfermedad se determinaron a los 70 días después de la emergencia, seleccionando 5 puntos de muestreo distribuidos uniformemente en cada lote. La incidencia fue determinada utilizando un arreglo factorial en un diseño de bloques al azar con 5 repeticiones y la severidad por vía no paramétrica mediante la prueba de Friedman. En promedio, el biofungicida disminuyó cerca de 50% la incidencia de la enfermedad en todas las localidades. Los resultados mostraron el efecto benéfico del biofungicida, representando una alternativa viable, eficaz y amigable con el ambiente para el control de la enfermedad.

Palabras Clave: *Zea mays*; *Thanatophorus cucumeris*; incidencia; severidad.

SUMMARY

The objective of this study was to determine the effect of a biofungicide, *Trichoderma harzianum*, on the incidence and severity of the disease maize banded leaf caused by *Rhizoctonia solani* Kühn fungus, anamorph of *Thanatophorus cucumeris*, in commercial fields of corn, at the Portuguesa State, Venezuela, during the rainy season of the 2001 year. We selected commercial plots in eight locations normally affected by the disease. In each place the plots were divided in two areas, each one of about 5 ha; in each place one of the 5 ha was treated with the biofungicide, and the other one was allowed without any application. The biofungicide dose was split: at the sowing time in the seed (100 g of biofungicide /20 kg of seed), and 30 days after sowing in a dose of 3 liters of the commercial product /ha. Treated and no treated plots were sowed at the same time. We evaluated the incidence and severity of the fungus at about 70 days of the crop cycle, in 5 areas inside each plot. The incidence was analyzed using a factorial arrangement in a randomized block design with 5 replications, while the severity was analyzed using the Friedman non-parametric test. We found that the biofungicide reduced the disease in 50% in all locations. This result showed the beneficial effects of the biofungicide, and it represent a valuable, successful and environmental friendly alternative to control the disease.

Key Word: *Zea mays*; *Thanatophorus cucumeris*; incidence; severity.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades producidas por microorganismos fitopatógenos, tales como bacterias, nemátodos u hongos, constituyen la principal causa de pérdida en la producción agrícola, tanto en cosecha como en postcosecha (Rey *et al.*, 2000). Dentro de los distintos fitopatógenos, los hongos constituyen uno de los principales grupos, tanto por la diversidad de especies existentes, como por las pérdidas que ocasionan en los diferentes rubros agrícolas (Papavizas, 1985).

La manera como comúnmente se combaten tales pérdidas ocasionadas por los organismos fitopatógenos es a través del uso de compuestos químicos (control químico), los cuales se caracterizan por tener una elevada eficacia y una gran rapidez en el control, pero también por su falta de especificidad al eliminar organismos benéficos junto con los fitopatógenos, además causan contaminación ambiental y riesgos sobre la salud humana (Larkin y Fravel, 1998; Rey *et al.*, 2000).

Los inconvenientes que presenta el control químico se han potenciado en los últimos años debido al cambio en los sistemas de cultivos (monocultivos, explotaciones intensivas, etc). Esta condición, unida a una mayor conciencia en la sociedad actual, ante el enorme deterioro medioambiental que supone la utilización masiva de compuestos químicos, ha provocado un gran interés en la búsqueda de sistemas alternativos de control de los organismos fitopatógenos (Rey *et al.*, 2000).

El uso de agentes biológicos es una estrategia promisoriosa para el control de enfermedades foliares y de patógenos que viven en el suelo, representando además una práctica compatible con los principios de manejo de sistemas agrícolas sustentables (Lo, 1998). *Trichoderma* spp., es el agente biológico más comúnmente utilizado en el control de hongos patogénicos que contaminan el suelo, el aire y producen enfermedades postcosecha en diversos rubros agrícolas (Moussa, 2002; Lo *et al.*, 1996). La preferencia en la utilización de las especies de este antagonista es debido a su ubicuidad, a la facilidad para ser aislados y cultivados, a su rápido crecimiento en una gran variedad de sustratos y a que no atacan a plantas superiores (Ezziymani *et al.*, 2004; Papavizas *et al.*, 1982).

Los mecanismos utilizados por las cepas del género *Trichoderma* para controlar al fitopatógeno son fundamentalmente de tres tipos: competición directa por el espacio o por los nutrientes (Belanger *et al.*, 1995; Elad y Baker, 1985), producción de metabolitos antibióticos,

ya sean de naturaleza volátil o no volátil (Sid Ahmed *et al.*, 2000; 2003) y parasitismo directo sobre el hongo fitopatógeno (Yedidia *et al.*, 1999). Durante el micoparasitismo, el antagonista localiza al patógeno y se enrolla alrededor de las hifas de éste, provocando su muerte. Estos tres mecanismos no son excluyentes sino que actúan sinérgicamente en el control de los patógenos. Las condiciones ambientales y el tipo de relación que establezca cada pareja de antagonista – patógeno, determinará la importancia relativa de cada uno de los mecanismos antes indicados (Rey *et al.*, 2000).

En el estado Portuguesa, la principal región productora de maíz en Venezuela, se ha venido presentando desde mediados de los años 90 la enfermedad conocida con el nombre de “Mancha bandeada del maíz” o simplemente *Rhizoctonia* del maíz, causada por un hongo del suelo. Cardona *et al.* (1999), en el ciclo de lluvia de 1995, identificaron al patógeno como *Rhizoctonia solani* Kühn, el cual se encontró afectando hojas, tallo y mazorcas de plantas de maíz en diferentes estados de desarrollo, en siembras comerciales de la Colonia Agrícola de Turén. De acuerdo a Cabrera y García (2002), un estudio tendiente a determinar el tipo de anastomosis al que pertenece el hongo fue realizado por el Dr. Ogoshi en la Facultad de Agricultura de la Universidad de Hokkaido, Japón. En el mismo se utilizaron muestras de esclerocios colectados en diferentes localidades del estado Portuguesa y se identificó al patógeno como *R. solani*. El patógeno, cultivado a partir de los esclerocios enviados, fue compatible con los aislamientos representativos del grupo AG-1 IA y IB. Además se encontró que las características en medios de cultivo, especialmente la morfología del esclerocio, son las del grupo AG-1 IA.

Por otro lado, De León (1999) indicó que la enfermedad del maíz conocida como “Mancha bandeada de la hoja”, causada por el hongo *R. solani*, se conoce en América y Asia desde hace muchos años, pero recientemente se le ha señalado una más amplia distribución asociada a una mayor incidencia en parcelas comerciales de maíz que llegan a afectar la producción de las plantas dañadas. Zambrano *et al.* (1999), expresaron que la habilidad de este hongo de ser un saprófito competitivo, combinado con la de un patógeno potencial y un amplio rango de hospederos, permite clasificarlo como un patógeno de importancia económica.

En el estado Portuguesa se cultivan aproximadamente 200 000 ha de maíz (40% de la superficie nacional) bajo condiciones de tempero (bajo lluvias), donde se siembran híbridos producidos por el sector público y empresas privadas (nacionales y multinacionales). Sin excepción,

todos los cultivares disponibles comercialmente han mostrado susceptibilidad a la enfermedad y siembras recientes han presentado mayor incidencia en la mayoría de las zonas productoras de la región que han afectado su producción, debido a una condición climática favorable y/o posible acumulación de inóculo en el suelo. Cabrera y García (2002), mostraron pérdidas en el peso de mazorcas de plantas afectadas por la enfermedad de hasta un 30%, en siembras comerciales del estado Portuguesa.

El hongo causante de la enfermedad sobrevive en condiciones naturales en forma de saprófito en el suelo, pero en condiciones climáticas adecuadas puede llegar a convertirse en patógeno (Sinclair, 1970). El patógeno es un hongo omnívoro con un amplio rango de hospederos. El control químico de la enfermedad se dificulta por el incremento del hongo en un amplio rango de plantas hospederas susceptibles y por su permanencia en el suelo.

Existen investigaciones que indican reducciones de daños causados por *R solani* con la utilización de agentes biológicos de control, mediante mecanismos de hiperparasitismo, antibiosis y competencia, como lo realiza el hongo *Trichoderma harzianum* Rafai (Hadar *et al.*, 1979; Elad *et al.*, 1980; Hoitink y Boehm, 1999; Melo y Faull, 2000).

El trabajo tuvo como objetivo principal evaluar el efecto de un biofungicida, basado en *Trichoderma harzianum*, sobre la incidencia y la severidad de la enfermedad, en parcelas comerciales de maíz en el estado Portuguesa, Venezuela, durante el ciclo de lluvias de 2001.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dentro del Programa de Asistencia Técnica de la Asociación de Productores Rurales del Estado Portuguesa (ASOPORTUGUESA), se seleccionaron productores de maíz, en cuyas fincas se presentaba la enfermedad en forma endémica. Las parcelas seleccionadas en cada finca se dividieron en dos lotes iguales de aproximadamente 5 ha, una de ellas para ser tratada con el biofungicida en prueba y la otra porción sin tratar. En total, se seleccionaron 8 parcelas, involucrando 6 productores ubicados en 2 de los principales municipios productores de maíz en la región (Cuadro 1).

Los cultivares de maíz utilizados fueron los elegidos por los agricultores en sus siembras comerciales en el ciclo de lluvias de 2001. La preparación de los suelos se realizó basada en pases de rastra de discos. Solamente un productor (localidad Caño Amarillo) aplicó un pase profundo con arado de discos además de los sucesivos pases de rastra de discos. Todos los lotes se sembraron del 16 al 22 de mayo de 2001.

La aplicación del biofungicida se hizo en 2 fases: antes de la siembra aplicando a la semilla 100 g del biofungicida /20 kg de semilla, seguida de una segunda aplicación a los 30 días después de la siembra (DDS), usando 3,0 l del producto comercial /ha, con una concentración de 3×10^9 conidios/l. Para esta aplicación se utilizaron asperjadoras hidráulicas de 400 l acopladas al tractor.

CUADRO 1. Identificación de los lotes, productores involucrados en el estudio, fechas de siembra y cultivares utilizados.

| Localidad | Nombre de Localidad | Municipio | Productor | Fecha de siembra | Cultivar |
|-----------|---------------------|-----------|---------------------|------------------|----------|
| 1 | Uveral | Esteller | Domingo Segovia | 22/05/01 | P-30F94 |
| 2 | Uveral | Esteller | Domingo Segovia | 17/05/01 | P-30M48 |
| 3 | Las Caramas | Turén | Óscar Roldan | 16/05/01 | C - 580 |
| 4 | Caño Amarillo | Turén | Donato Pestana | 18/05/01 | C - 114 |
| 5 | El Candil | Turén | Celestino Hernández | 17/05/01 | P-30M48 |
| 6 | El Candil | Turén | Celestino Hernández | 17/05/01 | FUNIP-5 |
| 7 | Uveral | Esteller | Amadeo Arjona | 22/05/01 | C - 114 |
| 8 | El Gateao | Esteller | Ricardo Peraza | 18/05/01 | C - 114 |

En cada finca los lotes, tratados y no tratados, se sembraron en la misma fecha, utilizando sembradoras de maíz calibradas para depositar 6 semillas por metro lineal. La separación entre hileras varió entre 0,80 m a 0,90 m, dependiendo del criterio de los agricultores.

El cultivo se fertilizó en todos los lotes con una dosis aproximada de 120, 80 y 80 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente, aplicando una fórmula básica al momento de la siembra y una dosis adicional de fertilizante nitrogenado a los 30 DDS, correspondiente a las 2/3 partes del nitrógeno recomendado. El resto del manejo se hizo siguiendo las recomendaciones técnicas sugeridas para cada zona de producción.

Tanto la incidencia como la severidad de la enfermedad se determinaron seleccionando 5 puntos de muestreo, distribuidos uniformemente en cada lote. En cada punto de muestreo, consistente de 20 m de longitud sobre una hilera de maíz, se registró el porcentaje de plantas enfermas por Rhizoctonia.

Dentro de cada muestra, del total de plantas enfermas se seleccionaron 10 plantas al azar en las cuales se determinó la severidad de la enfermedad, utilizando una escala de 1 a 5, en función de la altura alcanzada por la enfermedad en la planta, donde 1 correspondió a plantas que presentaron la enfermedad hasta los 25 cm, 2 se relacionó con plantas que presentaron la enfermedad a una altura mayor a los 25 cm, pero no más allá de los 50 cm; 3 correspondió a plantas que presentaron la enfermedad en el intervalo entre los 50 y 75 cm de altura; el valor de 4 fue dado a aquellas plantas que presentaron la afección entre los 75 y 100 cm, mientras que el nivel 5 fue considerado cuando las plantas presentaron la enfermedad por encima de los 100 cm. La evaluación se llevó a cabo aproximadamente a los 70 días después de la emergencia del cultivo, considerando que es la etapa en la cual se consiguen los niveles más altos de incidencia y severidad, no sólo de Rhizoctonia.

Los valores de incidencia de la enfermedad fueron analizados utilizando un arreglo factorial con 2 factores (localidad y tratamiento) en un diseño de bloques al azar con 5 repeticiones, tomando cada punto de muestreo como una repetición. La determinación de los cuadrados medios y pruebas de F, se hizo considerando un modelo mixto, donde los tratamientos (lotes tratados y sin tratar) se tomaron como efectos fijos y localidades y repeticiones como efectos aleatorios. Previo a la realización del análisis de varianza se comprobaron los supuestos básicos estadísticos, conforme a Steel y Torrie (1988). El análisis

de la variable severidad fue realizado utilizando los valores obtenidos según la escala descrita anteriormente, por vía no paramétrica, mediante la prueba de Friedman (Ramírez y Quito, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como ya fue mencionado, la aplicación del biofungicida en estudio se hizo en 2 fases. No obstante, en el tratamiento de semilla se utilizó una formulación en polvo en suspensión, mientras que la segunda aplicación efectuada a los 30 días se hizo con una formulación líquida. La razón de utilizar la formulación en polvo en suspensión para el tratamiento a la semilla fue debido a que con este tipo de presentación del producto comercial se obtiene mayor uniformidad en la aplicación. Sin embargo, la formulación en polvo no es recomendada para aplicaciones con equipos de aspersión, debido a que ocasiona muchos problemas en las boquillas de salida.

El análisis combinado de la varianza mostró efectos altamente significativos para la interacción de primer orden Trat x Loc (Cuadro 2), sugiriendo que el efecto del biofungicida no fue igual en los diferentes ambientes. Se encontró diferencias altamente significativas para el efecto tratamiento en cada una de las localidades donde se llevó a cabo las evaluaciones del producto (Cuadro 3).

En la prueba de medias se encontró que el biofungicida fue efectivo para disminuir significativamente ($P \leq 0,01$) la incidencia de la enfermedad en la mayoría de las localidades en más de un 50%, excepto en Caño Amarillo y Las Caramas, en donde se observaron las reducciones más bajas en los niveles de incidencia al aplicar el biofungicida (Cuadro 4). Cabrera y García (2002) al evaluar la incidencia y severidad de esta enfermedad en 18 localidades del estado Portuguesa encontraron un gradiente en los niveles de incidencia y severidad, desde la zona de piedemonte hacia la planicie aluvial y la mayor incidencia encontrada en la zona de la planicie se la atribuyeron, entre otros factores, a la presencia del patógeno en fincas arroceras en esta zona, que pudieran incrementar la presión de inóculo en el suelo.

Basado en las conclusiones de estos autores, se asume la presencia de una mayor presión de inóculo del patógeno en las fincas ubicadas en las Caramas y Caño Amarillo en la planicie aluvial en donde existen condiciones ambientales más propicias para el desarrollo del patógeno, comparado con el resto de las parcelas evaluadas en este estudio.

CUADRO 2. Cuadrados medios del análisis combinado de la varianza, efectuado sobre la incidencia de *R. solani* en lotes tratados y no tratados con el biofungicida.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Cuadrados Medios |
|---------------------|--------------------|------------------|
| Localidad (Loc) | 7 | 1 578,44** |
| Repetición /Loc | 32 | 12,52 |
| Tratamiento (Trat) | 1 | 18 133,45** |
| Trat x Loc | 7 | 71,81** |
| Error | 32 | 10,78 |
| Total | 79 | |
| CV (%) | | 8,52 |

** Indica diferencias altamente significativas ($P \leq 1\%$)

Los lotes correspondientes a Caño Amarillo y Las Caramas tuvieron siembras adyacentes de arroz (*Oriza sativa*) en donde *R. solani* es un problema común, por lo que siempre han tenido una alta presión de inóculo. La finca de la localidad Caño Amarillo también fue utilizada por Zambrano *et al.* (2000) para medir el potencial de inóculo de *R. solani* en el suelo, resultando entre las que dieron los valores más altos, con una incidencia probable mayor al 50%, corroborando la influencia que puede tener una fuente de inóculo permanente, como es el cultivo del arroz.

CUADRO 3. Cuadrados medios del análisis de la varianza por localidad, efectuado sobre la incidencia de *R. solani* en lotes tratados y no tratados con el biofungicida.

| Fuente de Variación | Grados de libertad | Localidades | | | | | | | |
|---------------------|--------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Repetición | 4 | 40 | 14 | 4 | 3 | 7 | 1 | 10 | 21 |
| Tratamiento | 1 | 2405** | 2371** | 1062** | 1627** | 2458** | 3433** | 3257** | |
| 2023** | | | | | | | | | |
| Error | 4 | 20 | 19 | 5 | 16 | 6 | 6 | 5 | 8 |
| Total | 9 | | | | | | | | |
| | CV(%) | 16,05 | 16,01 | 3,89 | 6,84 | 7,04 | 8,11 | 6,55 | 7,97 |

** indica diferencias altamente significativas ($P \leq 1\%$)

Los lotes que recibieron el biofungicida resultaron con un valor de incidencia promedio de 23,49%, estadísticamente inferior ($P \leq 0,01$) al promedio de incidencia registrado en los lotes no tratados con el biofungicida (53,60%).

Esto indica una reducción de alrededor de un 50% en la incidencia de Rhizoctonia. Los resultados muestran la efectividad del biofungicida en la reducción de la incidencia de la enfermedad, lo que representa una alternativa viable para convivir con el patógeno, mientras se encuentren medidas preventivas o curativas más eficaces. Trabajos anteriores han señalado alta efectividad de *T. harzianum* para el control de los daños causados por diferentes organismos fitopatógenos en diferentes cultivos (Etebarian *et al.*, 2000; Ezziyyani *et al.*, 2004; Melo y Faull, 2000; Larkin y Fravel, 1998).

Respecto a la severidad de la enfermedad, en la prueba no paramétrica de Friedman se detectó la influencia de localidad y tratamientos (Cuadro 5), sugiriendo que al menos 2 de las localidades presentaron valores significativamente diferentes ($P \leq 0,05$) para esta variable.

De igual manera sugiere que la severidad registrada en los lotes tratados con el biofungicida fue diferente ($P \leq 0,05$) a la de aquellos que no recibieron dicho tratamiento. Las diferencias en los niveles de severidad, encontrado entre las localidades, las está generando la localidad 8, en donde se registraron los valores más altos de severidad, tanto en los lotes tratados, como en los no tratados (Cuadro 4).

CUADRO 4. Valores promedios de incidencia y severidad de *Rhizoctonia* en ocho localidades del estado Portuguesa en el año 2001.

| Localidad | Nombre de Localidad | Lotes Tratados | | Lotes no tratados | |
|-----------|---------------------|----------------|-----------|-------------------|-----------|
| | | Incidencia (%) | Severidad | Incidencia (%) | Severidad |
| 1 | Uveral | 12,7 b | 1 | 43,7 a | 2 |
| 2 | Uveral | 11,6 b | 2 | 42,4 a | 2 |
| 3 | Las Caramas | 47,3 b | 2 | 67,9 a | 2 |
| 4 | Caño Amarillo | 46,1 b | 2 | 71,6 a | 2 |
| 5 | El Candil | 18,7 b | 2 | 50,0 a | 3 |
| 6 | El Candil | 12,9 b | 2 | 49,9 a | 3 |
| 7 | Uveral | 16,5 b | 1 | 52,6 a | 2 |
| 8 | El Gateao | 22,2 b | 4 | 50,7 a | 5 |

Letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) de medias entre los lotes tratados y no tratados.

En esta localidad, la enfermedad pudo alcanzar la altura de inserción de la primera mazorca, considerando que el cultivar sembrado (C-114) es un cultivar de porte bajo, con una posición de mazorca ubicada a aproximadamente 1 m del nivel del suelo.

Por otro lado, los niveles más bajos de severidad en los lotes tratados se observaron en las localidades 1 y 7, mientras que las restantes presentaron valores de 2 en los lotes tratados y entre 2 a 3 en los lotes no tratados con el biofungicida (Cuadro 4).

Tomando en cuenta los niveles de severidad encontrados en los diferentes ambientes donde se llevó a cabo el estudio, las reducciones observadas en los porcentajes de plantas enfermas pueden considerarse de mayor importancia en las localidades 5, 6 y 8, que las observadas en el resto de los ambientes evaluados.

CUADRO 5. Estadístico de Friedman para la severidad de *Rhizoctonia*.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Estadístico de Friedman |
|---------------------|--------------------|-------------------------|
| Localidad | 7 | 11,52 * |
| Tratamiento | 1 | 5,00 * |

Estudios previos realizados por Cabrera y García (2002) demostraron que una planta de maíz a la edad de 80 días afectada por *R. solani* presentando un nivel de severidad 3, puede disminuir el peso de mazorca hasta en más de un 30%. En consecuencia, las reducciones del rendimiento de estos 3 lotes (localidades 5, 6 y 8) debieron ser mucho mayores en los lotes que no recibieron el tratamiento con el biofungicida, comparado con aquellos tratados con *T. harzianum*, debido a que los lotes tratados, además, de presentar menor incidencia, presentaron también severidad más baja.

Niveles de severidad de hasta 2 se pueden considerar poco relevantes en cuanto al daño ocasionado directamente a la mazorca, como es la pudrición del grano, ya que aún en los materiales de porte bajo, la enfermedad debería avanzar 40 cm adicionales para alcanzar la altura de la primera mazorca. No obstante, niveles de severidad 3 son considerados críticos, porque significaría que la enfermedad está muy próxima a la altura de inserción de la primera mazorca, en los cultivares de porte bajo.

Aún en los cultivares de porte intermedio a altos (1,30 a 1,50 m altura de posición de mazorca) la enfermedad puede llegar a la altura de la mazorca, si las condiciones ambientales son favorables para el desarrollo del patógeno.

En general, la severidad fue menor en todos los lotes tratados que en aquellos que no recibieron el tratamiento con el biofungicida, excepto en las localidades 2 (Uveral),

3 (Las Caramas) y 4 (Caño Amarillo) en donde se presentó una severidad de 2 en ambos casos (Cuadro 4). Esta baja respuesta del biofungicida en estas localidades pudo deberse a la presencia de condiciones ambientales no favorables para el desarrollo de la enfermedad, ni para el desarrollo del hongo antagonista *T. harzianum*. Esto se evidencia en los resultados encontrados en las localidades 3 y 4, en donde se observaron los valores más altos de incidencia de *R. solani*, sugiriendo que en alguna etapa de desarrollo del cultivo las condiciones fueron favorables para que se iniciara el proceso de infección, pero luego de iniciado, dichas condiciones no perduraron y la enfermedad no avanzó. En todo caso, se necesita la información de clima de los diferentes sitios de estudio, para poder explicar con mayor detalle estos resultados.

Los lotes tratados con el biofungicida presentaron una severidad promedio de 2,0 estadísticamente ($P \leq 0,05$) inferior a la de los lotes sin este tratamiento, los cuales presentaron una severidad promedio de 2,63.

De acuerdo a los resultados el biofungicida fue efectivo, no solo en reducir el porcentaje de plantas afectadas, sino también la altura que pudiera alcanzar la enfermedad en la planta. En este sentido, se puede considerar como una alternativa viable, eficaz y compatible con el medio ambiente en el control de la mancha bandeada del maíz.

CONCLUSIONES

- El efecto del biofungicida no fue igual en todos los ambientes de estudio.
- Las localidades Las Caramas y Caño Amarillo presentaron los porcentajes más altos de incidencia de *R. solani*.
- En promedio, el biofungicida disminuyó en alrededor de un 50% la incidencia de la enfermedad en todas las localidades.
- Sólo en la localidad el Gateao la enfermedad sobrepasó el punto de inserción de la primera mazorca de la planta.
- Los resultados del estudio mostraron la efectividad del biofungicida en el control de la enfermedad, representando una alternativa viable para convivir con el patógeno, mientras se encuentren medidas preventivas o curativas más eficaces.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento a todo el personal del Departamento Técnico de la Asociación de Productores Rurales del estado Portuguesa (ASOPORTUGUESA), por el apoyo brindado en la selección de los productores donde se llevó a cabo el estudio, en la preparación de la logística requerida y en las evaluaciones de los niveles de incidencia y severidad de la enfermedad en los lotes seleccionados.

BIBLIOGRAFÍA

- Belanger, R., N. Dufuor, J. Caron, y N. Benhamou 1995. Chronological events associated with the antagonistic properties of *Trichoderma harzianum* against *Botrytis cinerea*: indirect evidence for sequential role of antibiotics and parasitism. *Biocontrol Science technology* 5:41-54.
- Cabrera S. y P. García. 2002. Efecto de la mancha bandeada (*Rhizoctonia solani* Kühn) en siembras comerciales de maíz. *Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología*. Vol. 20:28-43.
- Cardona R., H. Rodríguez, y H. Nass 1999. Manchas bandeadas en maíz causada por *Rhizoctonia solani* en el estado Portuguesa, Venezuela. *Fitopatol. Venez.* 12: 32-33.
- De León, C. 1999. La mancha bandeada de la hoja del maíz (*Rhizoctonia solani* Kühn). **In:** Memorias VI Curso sobre Producción de Maíz. Conferencia Central ASOPORTUGUESA- FONAIAP. Acarigua – Portuguesa, Venezuela. 1999.
- Elad, Y. and R. Baker, 1985. The role of competition for iron and carbon in suppression chlamidospore germination of *Fusarium* spp. by *Pseudomonas* spp. *Phytopathol.* 75:1053.
- Elad, Y., J. Katan, and I. Chet 1980. Physical, biological, and chemical control integrated for soilborne diseases in potatoes. *Phytopathology* 70: 418-422.
- Etebarian H. R., E. S. Scott, and T. J. Wicks. 2000. *Trichoderma harzianum* T39 and *T. virens* DAR 74290 as potential biological control agents for *Phytophthora erythroseptica*. *Europ. Jour. Plant Pathol.* 106:329-337.

- Ezziyyani M., C. Pérez, A. Sid Ahmed, M. Requena y M. Candela. 2004. *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el control de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annum* L.). *Anales de Biol.* 26:35-45.
- Hadar Y., I. Chet, and Y Henis 1979. Biological control of *Rhizoctonia solani* damping-off with wheat bran culture of *Trichoderma harzianum*. *Phytopathol.* 69: 64-68.
- Hoitink, H. A. J. and Boehm. M. J. 1999. Biocontrol within the context of soil microbial communities: A substrate-dependent phenomenon. *Ann Rev. Phytopathol.* 37:427-446.
- Larkin, R. and D. Fravel 1998. Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of Fusarium wilt of tomato. *Plant Dis*82(9):1 022-1 028.
- Lo, C. T. 1998. General mechanisms of action of microbial biocontrol agents. *Plant Pathol. Bull.* 7:155-166.
- Lo, C. T., E. B. Nelson, and G. E. Harman. 1996. Biological control of turfgrass with a rhizosphere competent strain of *Trichoderma harzianum*. *Plant Dis.* 80:736-741.
- Melo Itamar, S. de and J. L. Faull. 2000. Parasitism of *Rhizoctonia solani* by strains of *Trichoderma* spp. *Sci. Agric.* (en línea). 2000, vol. 57, no. 1 (consultado el 04/08/2007), pp. 55-59. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162000000100010&lng=en&nrm=iso.
- Moussa T. A. 2002. Studies on biological control of sugarbeet pathogen *Rhizoctonia solani* Kühn. *Journal of Biological Science* 2(12): 800-804.
- Papavizas, G. C. 1985. *Trichoderma* and *Gliocladium*: biology. Ecology and the potential for biocontrol. *Annual Rev. Phytopathol.* 23: 23-54.
- Papavizas, G. C., J. A. Lewis, and T.H. Abd-Elmoity 1982. Evaluation of new biotypes of *Trichoderma harzianum* for tolerance to Benomyl and enhanced biocontrol capabilities. *Phytopathology* 72:126-132.
- Ramírez, M y T. Quito. 1993. *Métodos estadísticos no paramétricos*. Univ. Autónoma de Chapingo. 1a. Ed. México. 223 p.
- Rey M., J. Delgado-Jarana, A. Rincón, M. Limón y T. Benitez. 2000. Mejora de cepas de *Trichoderma* para su empleo como biofungicidas. *Rev. Iberoam. Micol.* 17: 31-36.
- Sid Ahmed A., C. P. Sánchez, and M. E. Candela. 2000. Evaluation of Induction of Systemic Resistance in Pepper Plants (*Capsicum Annuum*) to *Phytophthora capsici* Using *Trichoderma harzianum* and its Relation with Capsidiol Accumulation. *Europ. Jour. Plant Pathol* 106(9):817-824.
- Sid Ahmed A., M. Ezziyyani, C. Pérez Sánchez, and M. E. Candela 2003. Effect of chitin on biological control activity of *Bacillus* spp. and *Trichoderma harzianum* against root rot disease in pepper (*Capsicum annum*) plants. *Europ. Jour. Plant Pathol.* 109(6):633-637.
- Sinclair, J. B. 1970. *Rhizoctonia solani*: Especial methods of study. **In:** *R. solani* Biol. and Pathol. Parmeter, J. R. Ed. Univ. California Press. 243 p.
- Steel, R. y J. Torrie 1988. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. McGraw-Hill/Interamericana de México, S. A. de C. V. 2da. Edición (Primera en español). p 622.
- Yedidia I., N. Benhamou, and I. Chet. 1999. Induction of Defense Responses in Cucumber Plants (*Cucumis sativus* L.) by the Biocontrol Agent *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology* 65 (3): 1 061-1 070.
- Zambrano, C., N. Molina, S. Cabrera y R. Cardona. 1999. Avances en el manejo integrado de *Rhizoctonia solani* en el cultivo del maíz. Turén- Portuguesa.