

Efeito da aplicação de três fungicidas em sementes de arroz inoculadas com *Rhizoctonia solani* e *Gaeumannomyces graminis*

Effect of application of three fungicides on rice seeds inoculated with *Rhizoctonia solani* and *Gaeumannomyces graminis*

DOI: 10.34188/bjaerv6n3-040

Recebimento dos originais: 05/05/2023

Aceitação para publicação: 30/06/2023

Gilbert Jeampierre Urrutia Morante

Ingeniero Agrónomo por la Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador
Técnico Independiente
correo: jeampierreurrutia2017@hotmail.com

Víctor Julio Goyes Cabezas

Master en Administración de Empresas por la Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador
Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias
Km 7,5 vía Babahoyo-Montalvo, Ecuador
Correo electrónico: vjgoyesc@utb.edu.ec

Mario Quispe Sandoval

Maestro en Ciencias Centro de Genética por el Colegio de Postgraduados Montecillo – México
Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias
Km 7,5 vía Babahoyo-Montalvo, Ecuador
Correo electrónico: mquispe@utb.edu.ec

Johnny Camacho Abril

Magister de Administración de Empresas por la Universidad Autónoma Regional de los Andes,
Ecuador
LAN ECUADOR
Correo electrónico: jcamacho@lanecuadororsa.com

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a aplicação de três fungicidas em sementes de arroz inoculadas com *R. solani* e *G. graminis*. O estudo foi realizado no Laboratório de Fitopatologia da Faculdade de Ciências Agrícolas da Universidade Técnica de Babahoyo, localizada no Km 7,5 da estrada Babahoyo - Montalvo, província de Los Rios. Para os testes de laboratório in vitro, foi usado material de plantio de arroz da variedade Ferón. Para os testes de sensibilidade de fungos fitopatogênicos a fungicidas desinfetantes, foram usados dois inóculos de fungos fitopatogênicos *R. solani* e *G. graminis*; foi usado um projeto experimental completamente aleatório em arranjo fatorial AXB com 9 tratamentos e 4 réplicas, em que o fator A são os produtos fungicidas e o fator B as doses a serem usadas. As comparações de médias foram realizadas pelo teste de Tukey com 5% de significância estatística. Foram avaliadas as seguintes variáveis: variáveis de crescimento: taxa de crescimento radial, média de crescimento radial, taxa de crescimento radial; sensibilidade dos isolados aos fungicidas comerciais e germinação de sementes. Por meio dos resultados obtidos, foi determinado que o fungicida Propiconazole na dose de 700 ml/kg de semente reduziu significativamente o crescimento radial cumulativo de *G. graminis* (3,40 mm) e *R. solani* (3,45 mm), o crescimento radial médio de *G. graminis* (1,70 mm) e *R. solani* (1,73 mm), a taxa de crescimento radial de *G. graminis* (0,00 mm) e *R. solani* (1,73 mm), a taxa de crescimento radial de *G. graminis*

(0,00 mm.h⁻¹) e *R. solani* (0,00 mm.h⁻¹) e causou maior sensibilidade sobre os fitopatógenos *G. graminis* (95,89%) e *R. solani* (95,83%); assim como o tratamento fungicida Carboxin - Thiram na dose de 350 ml/kg de semente aumentou o período de germinação das sementes de arroz (6,75 dias).

Palavras-chave: *R. solani*, *G. graminis*, fungicidas, sensibilidade, arroz.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the application of three fungicides on rice seeds inoculated with *R. solani* and *G. graminis*. The study was conducted at the Phytopathology Laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Babahoyo, located at Km 7.5 of the Babahoyo - Montalvo road, Los Ríos province. For the in vitro laboratory tests, rice planting material of the Ferón variety was used. For the sensitivity tests of phytopathogenic fungi to disinfectant fungicides, two inocula of phytopathogenic fungi *R. solani* and *G. graminis* were used; the experimental design was completely randomized in AXB factorial arrangement with 9 treatments and 4 replications, where factor A is the fungicide products and factor B the doses to be used. Comparisons of means were made with Tukey's test at 5% statistical significance. The following variables were evaluated: Growth variables: Radial growth rate, radial growth mean, radial growth rate, sensitivity of isolates to commercial fungicides and seed germination. From the results obtained, it was determined that the fungicide Propiconazole at a dose of 700 ml/kg of seed significantly decreased the accumulated radial growth of *G. graminis* (3.40 mm) and *R. solani* (3.45 mm), the mean radial growth rate of *G. graminis* (1.70 mm) and *R. solani* (1.73 mm), the radial growth rate of *G. graminis* (0.00 mm) and *R. solani* (1.73 mm), the radial growth rate of *G. graminis* (0.00 mm.h⁻¹) and *R. solani* (0.00 mm.h⁻¹) and caused greater sensitivity on the phytopathogens *G. graminis* (95.89 %) and *R. solani* (95.83 %); as well as the fungicide treatment Carboxin - Thiram at a dose of 350 ml/kg of seed increased the germination period of rice seeds (6.75 days).

Keywords: *R. solani*, *G. graminis*, fungicides, sensitivity, rice.

1 INTRODUCCION

En Ecuador la superficie sembrada de arroz en el año 2021 fue de 370.406 hectáreas, con una producción de 1,440,865 toneladas métricas, en la cual la provincia del Guayas representa el 70,11 % y la provincia de Los Ríos el 24,14 %, siendo las provincias que más producen esta gramínea, el resto se distribuye en otras provincias (Zurita 2021).

Existen una diversidad de variedades de arroz que son sembradas en nuestro país, en la cual la mayoría no presentan una resistencia a plagas y enfermedades, las mismas que si no se controlan a tiempo pueden causar grandes daños en el crecimiento y desarrollo del cultivo de arroz, desde su germinación hasta su madurez, lo cual se refleja en el rendimiento y calidad de la producción (Ramírez 2021).

Los hongos fitopatógenos en el cultivo de arroz representan una gran importancia económica, debido a las pérdidas que ocasionan en la calidad y producción, siendo relevante conocer que existen dos hongos fitopatógenos considerados importantes tales como: *R. solani* y *G. graminis* (Delgado *et al.* 2017).

El hongo *R. solani* es una de las causas predominantes de enfermedades de alto riesgo en América Latina en países como Argentina, Brasil, Venezuela, Uruguay, Costa Rica, Colombia y México; en Colombia las pérdidas alcanzan hasta el 40 % y en Ecuador su prevalencia es cada vez mayor (Viancha 2020).

R. Solani genera esclerocios dentro de las lesiones que al principio son de poco color para luego volverse amarillo-marrón en plantas viejas; los esclerocios de este hongo son irregularmente semiesféricos, aplanados en la parte inferior, blancos cuando inician su formación y en vegetación añeja café oscuro (Viancha 2020).

R. Solani es un hongo, determinado por Kühn en 1858, reconocido como un gran patógeno de plantas, adverso y muy versátil; tiene una amplia gama de hospederos de los cuales se alimenta y a las que causa daños, además de la pudrición de las semillas, la podredumbre de las raíces y algunas enfermedades foliares (Jiménez 2019).

R. Solani, la especie más importante del género *Rhizoctonia*, es un patógeno transmitido por el suelo de efecto agrícola primario con una considerable diversidad en agresividad, morfología cultural y variedad de hospedadores; a pesar de su historia como patógeno dañino de plantas económicamente cruciales en todo el mundo y entre las muchas enfermedades con las que se ha asociado, el tizón de la vaina del arroz es una de las enfermedades más importante, especialmente en las regiones arroceras de América (Jiménez 2019).

La mayoría de los síntomas de esta enfermedad se observan en la parte inferior de los tallos, en la extensión del agua de riego, y comienzan con una mancha circular, acuosa, oblonga, verde y rectangular de aproximadamente 1 cm de longitud, luego se desarrollan hasta alcanzar 2-4 x 1-1,5 cm de longitud, volviéndose de color marrón claro o blanquecino en el centro, con un halo marrón a su alrededor; en situaciones favorables para el hongo, la enfermedad puede alcanzar las hojas superiores, generando síntomas similares a los que se producen en las vainas, y si estas situaciones persisten las lesiones pueden coalescer y motivar la desecación de hojas y tallos, las pérdidas de rendimiento pueden alcanzar del cinco al 50 % (Achicano 2019).

Los primeros signos aparecen en el grado de ahijamiento, junto con una mancha circular o elíptica gris-inexperencial de 1 cm de longitud, que se produce en el interior de la vaina de la hoja, cerca de la línea de agua, la lesión es de aproximadamente 2 a 3 cm de longitud y 1 cm de diámetro y en el centro de la lesión se determina un tono verde pálido o blanco que está rodeado a través de un borde anormal de color rosa-marrón; las lesiones también pueden coalescer causando la desaparición de las hojas superiores (Achicano 2019).

Las plantas infectadas producen granos vanos en la parte inferior de la panícula, además hay pérdidas de rendimiento causadas por el descuento de los macollos, la contaminación dentro de los tejidos de la vaina debilita las plantas y provoca la muerte del tallo (Adames 2018).

El tizón de la vaina (*R. solani*) burocratiza manchas elípticas oscuras que se tornan verdes con un centro blanco grisáceo; influye especialmente en tallos y hojas, provocando la muerte de los tejidos; no existen variedades tolerantes o resistentes a esta enfermedad; la diseminación y el desarrollo del hongo se favorecen mediante temperaturas excesivas (30°C), humedad relativa excesiva (>96 %), alta densidad de plantación y exceso de fertilizantes nitrogenados (Adames 2018).

G. graminis es un patógeno que se propaga ampliamente en zonas en las que la temperatura oscila entre 15 y 35 C°, en las que se utiliza riego ininterrumpido, su mejora se ve beneficiada por suelos húmedos, suelos deficientes en nitrógeno, fósforo o cobre; la gravedad aumentará mientras los suelos sean alcalinos, mal drenados o compactados, favoreciendo el desarrollo de la enfermedad (Bermúdez 2019).

El hongo *G. graminis* produce peritecios ovales y ligeramente aplastados en el sentido dorso ventral; ascas unitunicadas, ascosporas de color amarillo pálido, ligeramente curvadas, con los extremos redondeados, miden 80-100 x 2.5-3 µm; amorfo que forman hifas pardas unidas en hebras, hifas laterales que forman hifopodios que permiten la entrada en el huésped (Pinilla 2019).

Las colonias de *G. graminis* son de color marrón oliváceo a negro; conidióforos ramificados, lisos, de color marrón (Figura 3), llevan en el extremo conidias simples con un septo, elipsoidales a oblongas, incoloras, de 5 x 2 µm de medida (Pinilla 2019).

G. graminis afecta a las plantas dándoles un aspecto atrofiado o clorótico, en el inicio del ciclo de la agresión en el sistema radicular toma un color marrón oscuro a negro con lesiones, antes de lograr la fase de madurez, la vegetación enferma muestra una coloración blanquecina y una vez afectados mueren prematuramente, causando algunas áreas con manchas, induciendo a disminuciones de rendimiento considerables (Martínez *et al* 2020).

Su ataque se produce en la parte inferior de la planta muy cerca del suelo e inicia su daño desde los grados preliminares del cultivo, sin embargo, en el máximo de los casos el daño no es visible y esto hace que sea difícil de percibir; normalmente, el daño visto de esta dolencia se manifiesta en el pico de la planta y en el principal simplemente después de la floración, causando una tonalidad dentro de la hoja bandera o las hojas apicales, que es de color naranja en la mitad de la lámina foliar, y en algunas circunstancias se encuentran las manchas negras, la mayoría de las veces con una necrosis robusta, esos signos se ven en la parte inferior del tallo (Gómez 2022).

En las áreas afectadas, pueden observarse la maduración prematura de las plantas o incluso la pérdida de vida de los macollos secundarios, dependiendo del nivel de mejora de la planta y del momento de la infección, ya que, si la infección se produce antes de tiempo, la enfermedad no provoca la disminución del tamaño total de la planta, pero puede provocar el aborto floral y el blanqueamiento de las espiguillas (Salazar 2019).

Cuando los signos y síntomas aparecen debido a *G. graminis*, el daño dentro de la planta ya se ha completado y en esa etapa, casi ningún producto puede llegar al lugar de la infección (Ospina 2019).

García (2018), indica que la aplicación del fungicida Propiconazole (250 g/l) en la impregnación de semillas de arroz por 30 minutos, para su posterior siembra a nivel *in vitro* e inoculación con *G. graminis* y *R. solani*, permitió reducir el ritmo de crecimiento radial de los hongos fitopatógenos *G. graminis* (3.12 mm) y *R. solani* (3.00 mm).

Mosquera (2014), demostró que los aislados *G. graminis* y *R. solani* inoculados en semillas de arroz a nivel *in vitro*, presentan una reducción de la media de crecimiento radial con la aplicación de Propiconazole (600 ml/kg de semilla) y Carboxin (100 ml/kg de semilla).

García (2018), indica que la aplicación del fungicida Propiconazole (250 g/l) en la impregnación de semillas de arroz por 30 minutos, para su posterior siembra a nivel *in vitro* e inoculación con *G. graminis* y *R. solani*, permitió reducir el ritmo de crecimiento radial de los hongos fitopatógenos *G. graminis* (3.12 mm) y *R. solani* (3.00 mm).

Fernández (2017), indica que la aplicación de Propiconazole (800 ml/kg de semilla) en semillas de arroz inoculada con *G. graminis*, *R. solani* y *Helminthosporium spp.* a nivel de laboratorio en medio de cultivo PDA, provoca una disminución de la tasa de crecimiento radial en los fitopatógenos *G. graminis* (0.10 mm.h⁻¹), *R. solani* (0.05 mm.h⁻¹) y *Helminthosporium oryzae* (0.10 mm.h⁻¹).

Briones (2018), expresa que mediante un ensayo encontró que tratamientos que contenían Tebuconazol + Carbendazin y Difenconazol + Propiconazole lograron 98.5 % de porcentaje de inhibición micelial sobre *G. graminis* y *R. solani*, que el testigo absoluto que registro 24.94 % de porcentaje de inhibición micelial.

Carrera y Guillot (2017), mencionan que la aplicación de (Carboxin – Thiram) y Sistine para el tratamiento de semillas de arroz para prevenir la presencia de fitopatógenos, en dosis altas tiende a aumentar los días a germinación de las semillas de arroz sin afectar su calidad fisiológica.

Rodríguez (2016) expresa que la aplicación de Tebuconazol + Carbendazin y Difenconazol + Propiconazole, inhiben la acción del esteroide desmetilante, que actúa en la biosíntesis del ergosterol y actúa inhibiendo el desarrollo de los tubos germinales, la formación de apresorios y el

crecimiento del micelio de los hongos fitopatógenos *G. graminis*, *R. solani* y *Helminthosporium spp.*

2 METODOLOGÍA

El presente estudio se realizó en el Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el Km 7,5 de la vía Babahoyo - Montalvo, provincia de Los Ríos. Las coordenadas de ubicación en el centro del área de investigación son: longitud 147503 m y latitud 7929046 m de la zona 17, según la proyección UTM y el sistema de referencia WGS84. Se estudiaron dos factores; a) Crecimiento de *R. solani* y *G. graminis* a nivel de laboratorio; b) Dosis fungicidas desinfectantes de semillas.

Se evaluaron los tratamientos constituidos por diferentes dosis de fungicidas desinfectantes y semillas de arroz inoculadas con *R. solani* y *G. graminis*, tal como se indican en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1: Tratamientos estudiados en el ensayo, Dosis y aplicación de tres fungicidas para la desinfección de semilla de arroz inoculada con *R.solani* y *G. graminis*

| Factor A (Productos) | Concentración | Factor B (Dosis/kg de semilla) |
|---------------------------------|----------------------|---|
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 100 ml |
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 200 ml |
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 350 ml |
| Azoxystrobin – Difenconazole | 200 g/l | 300 ml |
| Azoxystrobin – Difenconazole | 200 g/l | 500 ml |
| Azoxystrobin – Difenconazole | 200 g/l | 700 ml |
| Propiconazole | 250 g/l | 500 ml |
| Propiconazole | 250 g/l | 700 ml |
| Propiconazole | 250 g/l | 900 ml |

Para el desarrollo y evaluación estadística del ensayo se aplicó el diseño experimental completamente al azar en arreglo factorial AXB con 9 tratamientos y 4 repeticiones, donde el factor A son los productos fungicidas y el factor B son las dosis aplicadas. Para la evaluación y comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5 % de posibilidades.

Para las pruebas de sensibilidad de hongos fitopatógenos a fungicidas desinfectantes se emplearon dos inóculos de hongos fitopatógenos *R. solani* y *G. graminis*; estos inóculos fueron aislados de plantaciones de arroz de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, que reposan en la colección de hongos del Laboratorio de Fitopatología de la misma estación experimental.

Previo a realizar el ensayo se desarrolló una desinfección de los materiales de laboratorio que se utilizaron en el proceso de los tratamientos. La desinfección se realizó ubicando los materiales de vidrio, algodón, gaza, entre otros en un equipo llamado esterilizador o estufa, por un

tiempo de 24 horas a 80 °C.

Para preparar el medio de cultivo PDA, se pesó 39 g en una balanza digital, luego en un matraz Erlenmeyer se disolvió lentamente, con acción de temperatura a 150 °C, hasta que quedo totalmente disuelto. Luego se procedió a esterilizar el medio de cultivo PDA en una autoclave por 15 minutos a 121 °C, con 15 psi de presión.

Dentro de la preparación de los discos de agar, se pesó 5 gr de agar sintético por litro de agua, después en un matraz Erlenmeyer se disolvió lentamente, con acción de la temperatura a 150 °C, hasta que quedo totalmente disuelto. Luego se esterilizo el medio de agar en una autoclave por 15 minutos a 121 °C, con 15 psi de presión.

Las semillas de arroz ferón fueron sumergidas en las respectivas dosis de los fungicidas desinfectantes establecidas en los tratamientos, por un tiempo de 20 minutos para su impregnación.

En cada unidad experimental con 15 ml de medio de cultivo PDA, se colocaron dos semillas de arroz ferón en la parte céntrica de la caja de Petri; posteriormente se estableció dos sacabocados de 5 mm de agar al 5 %, uno en cada extremo de la caja de Petri, para luego realizar la inoculación individual de los fitopatógenos a partir de una solución de esporas a una concentración de 10^8 , de *R. solani* y *G. graminis*.

Las variables de crecimiento fueron medidas cada 24 horas de forma simultánea en las pruebas de sensibilidad *in vitro* durante 5 días.

El ritmo de crecimiento radial se expresa como el incremento radial promedio de la colonia del patógeno y antagonista expresado en mm/día-1, a través de la metodología propuesta por French & Hebert (1982) con algunas modificaciones, se marcó en el reverso de un plato de Petri cuatro radios equidistantes a partir del centro, enumerando cada radio a favor de las manecillas del reloj y para cada replica se le asigno una letra. Se marcó y se registró el avance promedio diario hasta que la colonia llenó completamente el plato de Petri.

La variable media de crecimiento radial es el promedio del crecimiento radial acumulado de la colonia del hongo patógeno expresado en mm, procedente de una inoculación.

Es el valor promedio de crecimiento radial del patógeno y antagonista que aumenta cada día, expresado en mm/día-1. Se calculó mediante la fórmula propuesta por Guigón *et al.* (2010):

$$TC = \frac{(\text{Crecimiento radial final} - \text{Crecimiento radial inicial})}{\text{Tiempo de incubación}}$$

La sensibilidad de los aislados se determinó a partir del porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (ICM), utilizando las medidas de los testigos y los tratamientos, calculando mediante la siguiente fórmula empleada por Michereff *et al.* (1994).

$$ICM (\%) = \frac{CMT - CMTr}{CMT} \times 100$$

Donde, ICM (%) es el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial, CMT corresponde a la longitud media del crecimiento micelial testigo y CMTr es la longitud media del crecimiento micelial en los tratamientos.

La variable de germinación se verificó, cuando las semillas impregnadas con las diferentes dosis de fungicidas germinaron en su totalidad dentro de las cajas de Petri.

3 RESULTADOS

En la Tabla 2 se muestran los valores correspondientes al crecimiento radial acumulado de los aislados de *G. graminis* y *R. solani*. El análisis de varianza determinó significancia estadística en cada una de las evaluaciones efectuadas, alcanzando promedios de 9.53 y 9.59 mm, con un coeficiente de variación de 11.83 y 10.32 %, respectivamente.

En relación al ritmo de crecimiento acumulado del fitopatógeno *G. graminis*, el tratamiento Carboxin – Thiram en dosis de 200 ml/kg de semilla permitió el mayor crecimiento radial acumulado (14.15 mm), estadísticamente igual al tratamiento Carboxin – Thiram en dosis de 100 ml/kg de semilla (14.00 mm), y superiores estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que los menores promedios de crecimiento radial acumulado de *G. graminis* se evidenció en los tratamientos Propiconazole en dosis de 500 ml/kg de semilla (6.05 mm), Propiconazole en dosis de 900 ml/kg de semilla (3.90 mm) y Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla (3.40 mm).

Respecto al ritmo de crecimiento acumulado del fitopatógeno *R. solani*, se evidenció en el tratamiento Carboxin – Thiram en dosis de 200 ml/kg de semilla el mayor crecimiento radial acumulado (14.13 mm), estadísticamente igual al tratamiento Carboxin – Thiram en dosis de 350 ml/kg de semilla (13.80 mm) y Carboxin – Thiram en dosis de 100 ml/kg de semilla (12.20 mm), y superiores estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que los menores promedios de crecimiento radial acumulado de *R. solani* se evidenció en los tratamientos Propiconazole en dosis de 900 ml/kg de semilla (3.80 mm) y Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla (3.45 mm).

Tabla 2. Ritmo de crecimiento radial acumulado (mm): Aplicación de tres fungicidas en semillas de arroz inoculada con *R. solani* y *G. graminis*. 2023.

| Factor A (Productos) | Concentración | Factor B (Dosis/kg de semilla) | Ritmo de crecimiento radial acumulado (mm) | |
|----------------------------------|---------------|--------------------------------------|---|------------------|
| | | | <i>G. graminis</i> | <i>R. solani</i> |
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 100 ml | 14.00 ab | 12.20 ab |
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 200 ml | 14.15 a | 14.13 a |
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 350 ml | 12.83 abc | 13.80 a |
| Azoxystrobin – Difenoconazole | 200 g/l | 300 ml | 9.68 d | 9.48 cd |
| Azoxystrobin – Difenoconazole | 200 g/l | 500 ml | 11.35 bcd | 10.10 bcd |
| Azoxystrobin – Difenoconazole | 200 g/l | 700 ml | 10.48 cd | 11.18 bc |
| Propiconazole | 250 g/l | 500 ml | 6.05 e | 8.23 d |
| Propiconazole | 250 g/l | 700 ml | 3.40 e | 3.45 e |
| Propiconazole | 250 g/l | 900 ml | 3.90 e | 3.80 e |
| Promedio general | | | 9.53 | 9.59 |
| Significancia estadística | | | * | * |
| Coefficiente de variación (%) | | | 11.83 | 10.32 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey

Ns= no significativo

*= significativo

** = altamente significativo

En la Tabla 3 se muestran los valores correspondientes a la media de crecimiento radial acumulado de los aislados de *G. graminis* y *R. solani*. El análisis de varianza determinó significancia estadística en cada una de las evaluaciones efectuadas, alcanzando promedios de 4.68 y 4.79 mm, con un coeficiente de variación de 17.36 y 10.32 %, respectivamente.

En relación a la media de crecimiento acumulado del fitopatógeno *G. graminis*, el tratamiento Carboxin – Thiram en dosis de 200 ml/kg de semilla presentó la mayor media de crecimiento radial acumulado (7.08 mm), estadísticamente igual al tratamiento Carboxin – Thiram en dosis de 350 ml/kg de semilla (6.41 mm) y Carboxin – Thiram en dosis de 100 ml/kg de semilla (6.23 mm), y superiores estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que los menores promedios de crecimiento radial acumulado de *G. graminis* se evidenció en los tratamientos Propiconazole en dosis de 900 ml/kg de semilla (1.95 mm) y Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla (1.70 mm).

Respecto a la media de crecimiento acumulado del fitopatógeno *R. solani*, se evidenció en el tratamiento Carboxin – Thiram en dosis de 200 ml/kg de semilla el mayor promedio de media de crecimiento radial acumulado (7.06 mm), estadísticamente igual al tratamiento Carboxin – Thiram en dosis de 350 ml/kg de semilla (6.90 mm) y Carboxin – Thiram en dosis de 100 ml/kg de semilla (6.10 mm), y superiores estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que los menores promedios de media de crecimiento radial acumulado de *R. solani* se evidenció en los tratamientos Propiconazole en dosis de 900 ml/kg de semilla (1.90 mm) y Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla (1.73 mm).

Tabla 3. Media de crecimiento radial (mm): Aplicación de tres fungicidas en semillas de arroz inoculada con *R. solani* y *G. graminis*. 2023.

| Factor A (Productos) | Concentración | Factor B (Dosis/kg de semilla) | Media de crecimiento radial (mm) | |
|----------------------------------|---------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| | | | <i>G. graminis</i> | <i>R. solani</i> |
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 100 ml | 6.23 ab | 6.10 ab |
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 200 ml | 7.08 a | 7.06 a |
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 350 ml | 6.41 ab | 6.90 a |
| Azoxystrobin – Difenoconazole | 200 g/l | 300 ml | 4.84 bc | 4.74 cd |
| Azoxystrobin – Difenoconazole | 200 g/l | 500 ml | 5.68 ab | 5.05 bcd |
| Azoxystrobin – Difenoconazole | 200 g/l | 700 ml | 5.24 ab | 5.59 bc |
| Propiconazole | 250 g/l | 500 ml | 3.03 cd | 4.11 d |
| Propiconazole | 250 g/l | 700 ml | 1.70 d | 1.73 e |
| Propiconazole | 250 g/l | 900 ml | 1.95 d | 1.90 e |
| Promedio general | | | 4.68 | 4.79 |
| Significancia estadística | | | * | * |
| Coefficiente de variación (%) | | | 17.36 | 10.32 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey

Ns= no significativo

*= significativo

** = altamente significativo

En la Tabla 4 se muestran los valores correspondientes a la tasa de crecimiento radial de los aislados de *G. graminis* y *R. solani*. El análisis de varianza determinó significancia estadística en cada una de las evaluaciones efectuadas, alcanzando promedios de 0.30 y 0.32 mm.h⁻¹, con un coeficiente de variación de 31.38 y 28.72 %, respectivamente.

En relación a la tasa de crecimiento radial del fitopatógeno *G. graminis*, el tratamiento Carboxin – Thiram en dosis de 350 ml/kg de semilla presentó la mayor tasa de crecimiento radial (0.60 mm.h⁻¹), estadísticamente igual al tratamiento Carboxin – Thiram en dosis de 100 ml/kg de semilla (0.59 mm.h⁻¹) y Carboxin – Thiram en dosis de 200 ml/kg de semilla (0.46 mm.h⁻¹), y superiores estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que los menores promedios de tasa de crecimiento radial de *G. graminis* se evidenció en los tratamientos Propiconazole en dosis de 900 ml/kg de semilla (0.00 mm.h⁻¹) y Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla (0.00 mm.h⁻¹).

Respecto a la tasa de crecimiento radial del fitopatógeno *R. solani*, se evidenció en el tratamiento Carboxin – Thiram en dosis de 350 ml/kg de semilla el mayor promedio de tasa de crecimiento radial (0.58 mm.h⁻¹), estadísticamente igual al tratamiento Carboxin – Thiram en dosis de 100 ml/kg de semilla (0.53 mm.h⁻¹), y superiores estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que los menores promedios de tasa de crecimiento radial de *R. solani* se evidenció en los tratamientos Propiconazole en dosis de 900 ml/kg de semilla (0.00 mm.h⁻¹) y Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla (0.00 mm.h⁻¹).

Tabla 4. Tasa de crecimiento radial (mm.h⁻¹): Aplicación de tres fungicidas en semillas de arroz inoculada con *R. solani* y *G. graminis*. 2023.

| Factor A (Productos) | Concentración | Factor B (Dosis/kg de semilla) | Tasa de crecimiento radial (mm.h ⁻¹) | |
|----------------------------------|---------------|--------------------------------------|---|------------------|
| | | | <i>G. graminis</i> | <i>R. solani</i> |
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 100 ml | 0.59 a | 0.53 ab |
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 200 ml | 0.46 ab | 0.50 abc |
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 350 ml | 0.60 a | 0.58 a |
| Azoxystrobin – Difenoconazole | 200 g/l | 300 ml | 0.44 abc | 0.44 abc |
| Azoxystrobin – Difenoconazole | 200 g/l | 500 ml | 0.28 bcd | 0.35 bcd |
| Azoxystrobin – Difenoconazole | 200 g/l | 700 ml | 0.23 cd | 0.29 cd |
| Propiconazole | 250 g/l | 500 ml | 0.09 de | 0.21 de |
| Propiconazole | 250 g/l | 700 ml | 0.00 e | 0.00 e |
| Propiconazole | 250 g/l | 900 ml | 0.00 e | 0.00 e |
| Promedio general | | | 0.30 | 0.32 |
| Significancia estadística | | | * | * |
| Coeficiente de variación (%) | | | 31.38 | 28.72 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey

Ns= no significativo

*= significativo

** = altamente significativo

En la Tabla 5 se muestran los valores correspondientes al porcentaje de inhibición micelial lograda por fungicidas comerciales sobre los aislados de *G. graminis* y *R. solani*. El análisis de varianza determinó significancia estadística en cada una de las evaluaciones efectuadas, alcanzando promedios de 88.39 y 88.34 %, con un coeficiente de variación de 2.01 y 1.67 %, respectivamente.

El aislado de *G. graminis* mostró mayor sensibilidad al ser inhibido por el fungicida Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla (95.89 %), estadísticamente igual al tratamiento Propiconazole en dosis de 900 ml/kg de semilla (95.28 %) y Propiconazole en dosis de 500 ml/kg de semilla (92.63 %), y superiores estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que los menores promedios de sensibilidad sobre *G. graminis* se evidenció en los tratamientos Carboxin – Thiram en dosis de 100 ml/kg de semilla (82.96 %) y Carboxin – Thiram en dosis de 200 ml/kg de semilla (82.81 %).

Respecto al aislado de *R. solani*, se evidenció mayor sensibilidad por el fungicida Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla (95.83 %), estadísticamente igual al tratamiento Propiconazole en dosis de 900 ml/kg de semilla (95.40 %), y superiores estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor promedio de sensibilidad sobre *R. solani* se evidenció en el tratamiento Carboxin – Thiram en dosis de 200 ml/kg de semilla (82.84 %).

Tabla 5. Sensibilidad de aislados a fungicidas comerciales: Aplicación de tres fungicidas en semillas de arroz inoculada con *R. solani* y *G. graminis*. 2023.

| Factor A (Productos) | Concentración | Factor B (Dosis/kg de semilla) | Porcentaje de inhibición micelial (%) | |
|----------------------------------|---------------|--------------------------------------|--|------------------|
| | | | <i>G. graminis</i> | <i>R. solani</i> |
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 100 ml | 82.96 c | 85.13 cde |
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 200 ml | 82.81 c | 82.84 e |
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 350 ml | 84.34 bc | 83.24 de |
| Azoxystrobin – Difenoconazole | 200 g/l | 300 ml | 88.21 b | 88.48 bc |
| Azoxystrobin – Difenoconazole | 200 g/l | 500 ml | 86.19 bc | 87.73 bc |
| Azoxystrobin – Difenoconazole | 200 g/l | 700 ml | 87.24 b | 86.37 cd |
| Propiconazole | 250 g/l | 500 ml | 92.63 a | 90.06 b |
| Propiconazole | 250 g/l | 700 ml | 95.89 a | 95.83 a |
| Propiconazole | 250 g/l | 900 ml | 95.28 a | 95.40 a |
| Promedio general | | | 88.39 | 88.34 |
| Significancia estadística | | | * | * |
| Coefficiente de variación (%) | | | 2.01 | 1.67 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey

Ns= no significativo

*= significativo

** = altamente significativo

En la Tabla 6 se muestran los valores correspondientes a la germinación de semillas. El análisis de varianza determinó significancia estadística en cada una de las evaluaciones efectuadas, alcanzando un promedio de 4.58 días y un coeficiente de variación de 28.09 %.

El tratamiento fungicida Carboxin – Thiram en dosis de 350 ml/kg de semilla provocó el mayor periodo de germinación de semilla (6.75 días), estadísticamente igual al tratamiento Azoxystrobin -Difenoconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla (6.00 días), Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla (5.75 días) y Carboxin – Thiram en dosis de 200 ml/kg de semilla (5.50 días), y superiores estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que el menor periodo de germinación de semilla se presentó en el tratamiento Propiconazole en dosis de 900 ml/kg de semilla (1.25 días).

Tabla 6. Germinación de semillas: Aplicación de tres fungicidas en semillas de arroz inoculada con *R. solani* y *G. graminis*. 2023.

| Factor A (Productos) | Concentración | Factor B (Dosis/kg de semilla) | Germinación de semillas (días) |
|------------------------------|---------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 100 ml | 4.75 ab |
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 200 ml | 5.50 a |
| Carboxin – Thiram | 200 g/l | 350 ml | 6.75 a |
| Azoxystrobin – Difenconazole | 200 g/l | 300 ml | 4.25 abc |
| Azoxystrobin – Difenconazole | 200 g/l | 500 ml | 5.00 ab |
| Azoxystrobin – Difenconazole | 200 g/l | 700 ml | 6.00 a |
| Propiconazole | 250 g/l | 500 ml | 2.00 bc |
| Propiconazole | 250 g/l | 700 ml | 5.75 a |
| Propiconazole | 250 g/l | 900 ml | 1.25 c |
| Promedio general | | | 4.58 |
| Significancia estadística | | | * |
| Coeficiente de variación (%) | | | 28.09 |

Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Tukey

Ns= no significativo

*= significativo

** = altamente significativo

4 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente trabajo determinaron que las aplicaciones de los fungicidas comerciales, tuvieron una incidencia significativa sobre las variables de crecimiento y sensibilidad de los fitopatógenos *G. graminis* y *R. solani*, al igual que sobre la germinación de semillas de arroz.

En el desarrollo de la investigación se evaluó variables de crecimiento, mismas que los autores Dennis y Webster (1971), definen que la velocidad de crecimiento es un factor con ventajas en la disputa por colonizar un área específica, compitiendo por espacio y nutrientes.

En la variable ritmo de crecimiento radial el fungicida Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla disminuyó significativamente el crecimiento radial acumulado de *G. graminis* (3.40 mm) y *R. solani* (3.45 mm), esto hace referencia a un estudio realizado por García (2018), quien indica que la aplicación del fungicida Propiconazole (250 g/l) en la impregnación de semillas de arroz por 30 minutos, para su posterior siembra a nivel *in vitro* e inoculación con *G. graminis* y *R. solani*, permitió reducir el ritmo de crecimiento radial de los hongos fitopatógenos *G. graminis* (3.12 mm) y *R. solani* (3.00 mm).

En relación a la variable media de crecimiento radial el fungicida Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla disminuyó significativamente la media de crecimiento radial de *G. graminis* (1.70 mm) y *R. solani* (1.73 mm), estos resultados son similares a los obtenidos por Mosquera

(2014), quien demostró que los aislados *G. graminis* y *R. solani* inoculados en semillas de arroz a nivel *in vitro*, presentan una reducción de la media de crecimiento radial con la aplicación de Propiconazole (600 ml/kg de semilla) y Carboxin (100 ml/kg de semilla).

Respecto a la variable tasa de crecimiento radial el fungicida Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla redujo significativamente la tasa de crecimiento radial de *G. graminis* (0.00 mm.h^{-1}) y *R. solani* (0.00 mm.h^{-1}), estos resultados se basan a los obtenidos por Fernández (2017), quien indica que la aplicación de Propiconazole (800 ml/kg de semilla) en semillas de arroz inoculada con *G. graminis*, *R. solani* y *Helminthosporium spp.* a nivel de laboratorio en medio de cultivo PDA, provoca una disminución de la tasa de crecimiento radial en los fitopatógenos *G. graminis* (0.10 mm.h^{-1}), *R. solani* (0.05 mm.h^{-1}) y *Helminthosporium oryzae* (0.10 mm.h^{-1}).

El fungicida Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla provocó mayor sensibilidad sobre los fitopatógenos *G. graminis* (95.89 %) y *R. solani* (95.83 %), estos resultados se basan a los obtenidos por Briones (2018), quien encontró que tratamientos que contenían Tebuconazol + Carbendazin y Difenconazol + Propiconazole lograron 98.5 % de porcentaje de inhibición micelial sobre *G. graminis* y *R. solani*, que el testigo absoluto que registro 24.94 % de porcentaje de inhibición micelial.

El tratamiento fungicida Carboxin – Thiram en dosis de 350 ml/kg de semilla aumentó el periodo de germinación de las semillas de arroz (6.75 días), lo cual hace referencia Carrera y Guillot (2017), quienes mencionan que la aplicación de Carboxin – Thiram y Sistine para el tratamiento de semillas de arroz para prevenir la presencia de fitopatógenos, en dosis altas tiende a aumentar los días a germinación de las semillas de arroz sin afectar su calidad fisiológica.

5 CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en este ensayo se concluye lo siguiente:

- Las aplicaciones de los fungicidas, tuvieron una incidencia significativa sobre las variables de crecimiento de los fitopatógenos *G. graminis* y *R. solani*.
- Las aplicaciones de los fungicidas comerciales, provocaron una alta sensibilidad de inhibición micelial sobre los fitopatógenos *G. graminis* y *R. solani*.
- El fungicida Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla disminuyó significativamente el crecimiento radial acumulado de *G. graminis* (3.40 mm) y *R. solani* (3.45 mm).
- El fungicida Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla disminuyó significativamente la media de crecimiento radial de *G. graminis* (1.70 mm) y *R. solani* (1.73 mm).

- El fungicida Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla redujo significativamente la tasa de crecimiento radial de *G. graminis* (0.00 mm.h^{-1}) y *R. solani* (0.00 mm.h^{-1}).
- El fungicida Propiconazole en dosis de 700 ml/kg de semilla provocó mayor sensibilidad sobre los fitopatógenos *G. graminis* (95.89 %) y *R. solani* (95.83 %).
- El tratamiento fungicida Carboxin – Thiram en dosis de 350 ml/kg de semilla aumentó el periodo de germinación de las semillas de arroz (6.75 días).

REFERENCIAS

- Achicano, H. 2019. Estrategias integradas para el control de enfermedades de las plantas. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 54(2): 1251-1273.
- Adames, A. 2018. Evaluación de genotipos de arroz por época de siembra en la zona noroeste de la República Dominicana. Revista Agropecuaria Forestal AFP 3(1): 9- 16.
- Briones, F. 2018. Efecto a nivel *in vitro* de la aplicación de fungicidas Difenoconazol + Propiconazole en semillas de arroz inoculadas con *G. graminis* y *R. solani*. Revista Sanidad Vegetal 8(5): 89-108.
- Bermúdez, M. 2019. Efecto del silicio como inductor de resistencia sistémica ante *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, agente causal del ‘mal del pie’ en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Tesis Ing. Agr. Tolima. UT. 85 p. Carrera, D., Guillot, F. 2017. Efecto de la aplicación de fungicidas de Vitavax (Carboxin – Thiram) y Sistine el tratamiento de semillas de arroz. Revista Agronomía 7(3): 64-79.
- Delgado, N., Rodríguez, H., Ramón, M. 2017. Evaluación de métodos de inoculación de *Rhizoctonia solani* sobre germoplasma de arroz en campo. Revista de la Facultad de Agronomía 21(4): 122-137.
- Fernández, S. 2017. Evaluación a nivel *in vitro* del efecto de aplicación de fungicidas protectantes en la impregnación de semillas de arroz inoculadas con *G. graminis* y *R. solani*. Revista Sanidad Vegetal 7(4): 67-80.
- García, A. 2018. Evaluación a nivel *in vitro* del efecto de aplicación del fungicida Propiconazole y Tebuconazole en la impregnación de semillas de arroz inoculadas con *G. graminis* y *R. solani*. Revista Fitopatología Vegetal 15(6): 125-137.
- García, L. 2018. Efecto de aplicación del fungicida Propiconazole (250 g/l) en la impregnación de semillas de arroz inoculadas con *G. graminis* y *R. solani* bajo condiciones de laboratorio. Revista Protección Vegetal 14(5): 78-89.
- Gómez, A. 2022. Efecto de dos cepas de *Bacillus* en la prevención de enfermedades del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) En dos métodos de siembra. Tesis Ing. Agr. Guayaquil. Ecuador. 91 p.
- Jiménez, D. 2019. Evaluación de fungicidas de síntesis química en mezcla con un fisioactivador sobre efectos de rendimiento y enfermedades fúngicas en arroz (*Oryza sativa*) var. Fedearroz 68 en la inspección palmeras, San Carlos de Guaroa. Tesis Ing. Agr. Colombia. ULL. 75 p.
- Martínez, E., Cabrera, J., García, D. 2020. Presencia de *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* en variedades de arroz cultivadas. Fitosanidad 3(18): 163–168.
- Mosquera, E. 2014. Evaluación a nivel *in vitro* del efecto de aplicación del fungicida Propiconazole en la impregnación de semillas de arroz inoculadas con *G. graminis* y *R. solani*. Revista Fitopatología Vegetal 14(5): 78-89.
- Ospina, G. 2019. Alternativas de control de la mancha naranja (*Gaeumannomyces graminis* var. *Graminis*). REVISTA ARROZ 57(579): 13- 21.
- Pinilla, N. 2019. Efecto del silicio como inductor de resistencia sistémica ante *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*, agente causal del ‘mal del pie’ en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Tesis Ing. Agr. Tolima. Colombia. UT. 85 p.

Ramírez, G. 2021. Evaluación de fungicidas biológicos para el control de *Rhizoctonia solani* y *Gaeumannomyces graminis*, en tres variedades de arroz (*Oryza sativa*) en Babahoyo. Tesis MSc. Babahoyo, Ecuador. UTB. 82 p.

Rodríguez, G. 2016. Aplicación de fungicidas Tebuconazol + Carbendazin y Difenconazol + Propiconazole en el tratamiento de semillas de arroz para control de enfermedades. Revista Mesoamérica 5(2): 78-92.

Salazar, L. 2019. Elaboración de escalas diagramáticas de severidad en hoja y tallos para evaluar la enfermedad “mal del pie” *Gaeumannomyces graminis* Sacc.) Von Arx & d. Oliver var. *graminis* en diferentes estados fenológicos del arroz. Tesis Ing. Agr. Palmira. Colombia. UNC. 77 p.

Viancha, H. 2020. Evaluación en campo de la incidencia de *Rhizoctonia solani* en arroz *Oryza sativa*, luego de la inoculación en semilla de un formulado comercial a base del antagonista *Trichoderma harzianum*. Tesis Micro. Bogotá. Ecuador. PUJ. 86 p.

Zurita, A. 2021. Adaptación de cuatro variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) A las condiciones agroclimáticas de Mocache, 2021. Tesis Ing. Agrp. Los Ríos, Ecuador. UTEQ. 67 p.