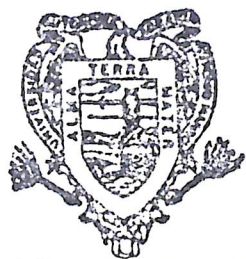


NIVILES DE TOLERANCIA A FUNGICIDAS DE
DIFERENTE GRUPO TOXICOLOGICO Y PRUEBAS
DE ADAPTABILIDAD DE *Rhizoctonia solani* y
R. cerealis DE LAS REGIONES PAPERAS DE
COAHUILA, NUEVO LEON, CHIHUAHUA,
GUANAJUATO Y TOLUCA.

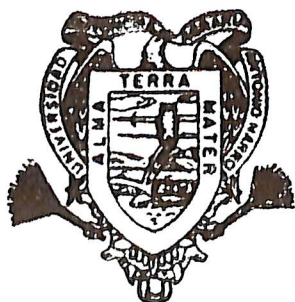
RAMON JAIME HOLGUIN PEÑA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PARASITOLOGIA AGRICOLA



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

SEPTIEMBRE DE 1999

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

**NIVELES DE TOLERANCIA A FUNGICIDAS DE DIFERENTE
GRUPO TOXICOLÓGICO Y PRUEBAS DE ADAPTABILIDAD DE
Rhizoctonia solani y *R. cerealis* DE LAS REGIONES PAPERAS DE
COAHUILA, NUEVO LEÓN, CHIHUAHUA, GUANAJUATO Y
TOLUCA.**

TESIS

POR

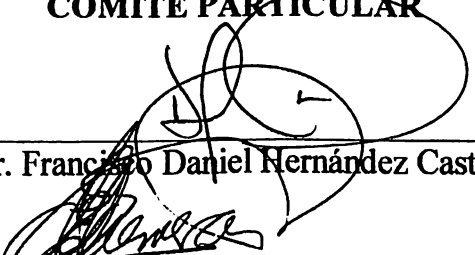
RAMON JAIME HOLGUIN PEÑA

**Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como
requisito parcial para optar el grado de:**

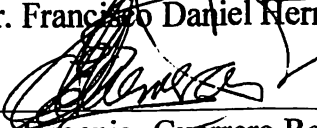
**MAESTRO EN CIENCIAS
EN PARASITOLOGIA AGRICOLA**

COMITE PARTICULAR

Asesor Principal:


Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo

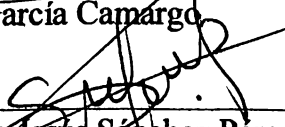
Asesor:

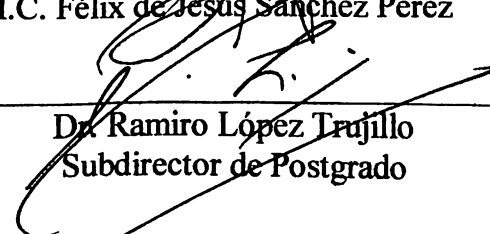

Dr. Eugenio Guerrero Rodríguez

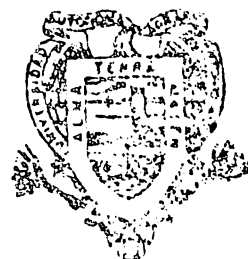
Asesor:


M.C. Jesús García Camargo

Asesor:


M.C. Félix de Jesús Sánchez Pérez


Dr. Ramiro López Trujillo
Subdirector de Postgrado



Buenavista, Saltillo, Coahuila. Septiembre de 1999

BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

DEDICATORIA

Gracias a Dios, por permitirme lograr un viejo anhelo y por darme la energía, el ánimo y la fe para lograrlo.

Con cariño a mis padres: Ramón Holguín N. y Ana María Peña B.
Quienes siempre tuvieron confianza en mí y quienes me alentaron a seguir adelante en todo momento.

A mis hermanos: Javier
 Ana Rosa
 Lilia Margarita
 Luis Roberto

Por su confianza e incondicional apoyo.

A mis amigos: Javier Gómez, Arturo Gómez, Gustavo Maynez, Sergio Prieto, Armando Vázquez, Víctor Cervantes (†), Jorge Prieto, David Ituarte, Rodrigo Rodríguez, Arturo Soto, César Gómez, Julio Núñez, Antonio Fernández, , Oscar Corona, Paco Leyva, Mario Acosta, Raúl Santibañez, Bernardo Gómez, Héctor Hernández, Edgar Rueda, Sergio Rodríguez, Armando Rodríguez, Claudio Angulo, Esteban Reyna, Elías Meza, Alfredo Wong, Sergio Islas, César y Alejandro.

Por haber compartido experiencias irrepetibles. Gracias a todos ...

Sincera y cariñosamente, mi gratitud para:

Alfredo Prieto R., Celia Hernández y Familia, Gracias por todo.

A Maria Isabel Ayala V.

Por su gran calidad humana y su ayuda desinteresada, pero sobre todo por tener siempre una bella sonrisa para alegrarme el día además de haber llenado mi vida de grandiosos recuerdos que nunca olvidare....

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su oportuno apoyo económico.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que a través del departamento de Parasitología compartió conmigo experiencias importantes.

A todos mis maestros que a través de mi formación profesional han sido un ejemplo a seguir, especialmente a:

Dr. Francisco Daniel Hernández C.

Dr. Eugenio Guerrero R.

Dr. Jesús García Camargo

M.C. Félix de Jesús Sánchez P.

Gracias a todos ellos por su cooperación en el desarrollo y revisión de este trabajo y por sus valiosas sugerencias

A mis compañeros del Programa de Graduados por los momentos compartidos

Gracias por su ayuda desinteresada ayuda en el transcurso de este trabajo:

Héctor Hernández Huerta

Esteban Reyna

Gerardo Barajas

Especialmente a Julieta Fierro M. y Familia

A Enrique Rosas Patrón y personal de Agroproductos y Servicios Técnicos, por brindarme la oportunidad de desarrollarme en mi profesión y por darme facilidades para la elaboración de este trabajo.

**Todo vestigio de éxito
Lleva implícito el germen del sacrificio
Es como el ciclo de la vida misma
Nacer, llorar, sufrir, gozar y morir
Y así interminablemente...**

R. J. Holpe

COMPENDIO

Niveles de Tolerancia a Fungicidas de Diferente Grupo Toxicológico y Pruebas de Adaptabilidad de *Rhizoctonia solani* y *R. cerealis* de las Regiones Paperas de Coahuila, Nuevo León, Chihuahua, Guanajuato y Toluca

POR

RAMON JAIME HOLGUIN PEÑA

MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, SEPTIEMBRE DE 1999

Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo

- Asesor-

Palabras Clave: Papa, *Rhizoctonia solani*, *Rhizoctonia cerealis*, Resistencia a Fungicidas Adaptabilidad (Incidencia y Severidad).

Se realizaron bioensayos *in vitro* con diez aislamientos de especies *Rhizoctonia* de diferentes regiones paperas del país con el fin de determinar los niveles de tolerancia a fungicidas de diferente grupo toxicológico, así como determinar el valor adaptativo de estos aislamientos bajo condiciones de invernadero.

Los resultados indicaron que *R. solani* se encuentra asociada al cultivo de la papa, en los Estados de Coahuila, Nuevo León, Chihuahua, Guanajuato y Toluca y que *R. cerealis* está presente en el Estado de Coahuila (Lara *et al.*, 1996).

Tiabendazol, pencycuron, PCNB, iprodione y fludioxonil fueron agregados en medio de cultivo papa-dextrosa-agar en varias y diferentes concentraciones para cada uno de los fungicidas. La respuesta *in vitro* (inhibición del crecimiento en longitud) de ocho aislamientos de *R. solani* y dos de *R. cerealis* se probaron en medio de cultivo con fungicida.

En el estudio con fungicidas se encontró que *R. solani* es más sensible que *R. cerealis* al pencycuron, fludioxonil, iprodione y PCNB (CI_{50}). Los resultados muestran que ambas especies son moderadamente susceptibles al tiabendazol. En los bioensayos con el iprodione *R. solani* mostró más sensibilidad ($CI_{50} < 10$) que *R. cerealis* ($CI_{90} > 13.57$ mg/l), mostrándose la cepa ATC como ligeramente tolerante. Con el PCNB todos los aislamientos mostraron susceptibilidad ($CI_{50} [I1] < 30.1$ mg/l), exceptuando ACH que se mostró ligeramente tolerante. Con el pencycuron *R. solani* se mostró como extremadamente sensible ($CI_{90} < 1.14$ mg/l), mientras que *R. cerealis* mostró tolerancia a dosis altas ($CI_{90} > 1256$ mg/l). Con el fludioxonil, *R. solani* fue más sensible ($CI_{90} < 0.09$) que *R. cerealis* ($CI_{90} > 0.59$ mg/l), sin embargo, las dos especies mostraron extrema sensibilidad ($CI_{90} < 1$ mg/l), según los criterios de Martín *et al.* (1984). La diferencia de sensibilidad entre *R. solani* y *R. cerealis* es debido a las características propias de la especie más que a una resistencia desarrollada.

El fungicida que mostró inhibición a más bajas concentraciones para *R. solani* fue fludioxonil ($CI_{90} < 0.09$) y pencycuron ($CI_{90} < 1.14$ mg/l). Para *R. cerealis* fue el fludioxonil ($CI_{90} < 0.62$) y el tiabendazol ($CI_{90} < 5.04$ mg/l).

Las cepas *R. solani* con una tendencia a una menor sensibilidad fueron las de Allende, Chihuahua (ACH), mientras que las más sensibles fueron las de Nuevo León (NNL y GNL) y López, Chihuahua (LCH).

En los estudios sobre resistencia, para el cálculo del FR (factor de resistencia), se tomaron como cepas de referencia los valores reportados en la literatura y donde valores superiores a la unidad, indicaron el número de veces que las cepas estudiadas son más resistentes a las reportadas. Los resultados indican que ninguna cepa presentó resistencia al tiabendazol, PCNB (excepto ACH) y fludioxonil ($FR < 1$). Para el iprodione las cepas de *R. cerealis* fueron tolerantes ($FR = 3.39 - 3.69$), mientras que sólo una cepa de *R. solani* (ATC) se encontró como tolerante ($FR = 1.48$). Para el pencycuron solo las cepas de *R. cerealis* se presentaron como tolerantes ($FR = 12.56 - 15.83$), mientras que *R. solani* fue muy susceptible ($FR < 0.126$).

En los estudios sobre la adaptabilidad, los componentes estudiados fueron: incidencia (por ciento de tallos con daño) y severidad. Los resultados indicaron que aunque se presentaron diferentes grados de incidencia (38-100 por ciento) no se encontró diferencia estadística entre los aislamientos. En el factor severidad también se presentaron variaciones, según la escala propuesta por Carling y Leiner, 1991 (valores de 0.2 a 5) y donde aislamientos sensibles obtuvieron valores altos de severidad; sin embargo, no fueron significativamente diferentes exceptuando la cepa AVT. Cabe mencionar que todas las cepas presentaron un valor alto de severidad en alguna de sus repeticiones.

Según los resultados obtenidos se encontró que cepas con diferentes niveles de sensibilidad (FR) tuvieron un comportamiento similar al evaluar los factores de la adaptabilidad donde todas las cepas se mostraron agresivas. Las cepas *R. solani* que presentaron tolerancia (ATC al iprodione y ACH al PCNB) no mostraron ni pérdida ni ganancia en la adaptabilidad, mientras que la cepa susceptible AVT sí mostro pérdida en estos valores.

Según la sintomatología observada, las dos especies de *Rhizoctonia* son capaces de ocasionar daño en los tubérculos de papa.

ABSTRACT

Tolerance to Fungicides of Different Toxicological Group and Parasitic Fitness of *Rhizoctonia solani* and *R. cerealis* in Potato Region of Coahuila, Nuevo León, Chihuahua, Guanajuato and Toluca

BY

RAMON JAIME HOLGUIN PEÑA

**MASTER OF SCIENCES
IN PLANT PARASITOLOGY
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, SEPTEMBER 1999**

Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo

- Advisor-

Key Words: Potato, *Rhizoctonia solani*, *Rhizoctonia cerealis*, Resistance to Fungicides
Fitness (Incidence and Severity).

With the objective to know the resistance of ten strains of *Rhizoctonia species* from different potato regions in the country to several toxicological groups of fungicides were done *in vitro* bioassays and to know the parasitic fitness of this strains were done assays in greenhouse conditions.

The results showed the association of *R. solani* to potato crops in the states of Coahuila, Nuevo León, Chihuahua, Guanajuato and Toluca and strains of *R. cerealis* associated to potato crop in Coahuila. (Lara *et al.*, 1996).

Thiabendazol, pencycuron, PCNB, iprodione and fludioxonil were added to potato-dextrose agar at several and different concentrations for each fungicide. The *in vitro* growth response (inhibition of linear growth) of eight strains of *R. solani* and two *Rhizoctonia cerealis* from several sources were tested on fungicide-amended media.

In the fungicides studies was found that isolates of *R. solani* were more sensitive (EC_{50} [effective concentration for 50 percent inhibition of linear growth]) to pencycuron, fludioxonil, PCNB and iprodione in comparison with *R. cerealis*. Both species showed moderately sensitivity to thiabendazol. With iprodione assays *R. solani* was more sensitive than *R. cerealis* ($EC_{90} > 13.57$ mg/l), although one *R. solani* strain (ATC) was moderately tolerant. All isolates showed sensitivity to PCNB ($EC_{50} < 30.1$ mg/l) excepting the ACH isolate. *R. solani* was extremely sensitive to pencycuron ($EC_{90} < 1.14$ mg/l), meanwhile *R. cerealis* was tolerant to high concentrations ($EC_{90} > 1256$ mg/l). With fludioxonil, *R. solani* was more sensitive ($EC_{90} < 0.09$ mg/l) than *R. cerealis* ($EC_{90} > 0.59$ mg/l), however both species were extremely sensitive ($EC_{50} < 1$ mg/l). According the values of Martin *et al.*, 1984).

The fungicides that showed inhibitions at lower concentrations to *R. solani* were fludioxonil ($EC_{90} < 0.09$ mg/l) and pencycuron ($EC_{90} < 1.14$ mg/l). To *R. cerealis* were fludioxonil ($EC_{90} < 0.62$ mg/l) and thiabendazol ($EC_{90} < 5.04$ mg/l).

The *R. solani* strain least sensitive was the isolate of Allende, Chihuahua (ACH), meanwhile the isolates of Nuevo León (NNL and GNL) and López, Chihuahua (LCH) were more sensitive.

In the resistance studies. The resistance factor (RF) was obtained according the reference values reported in specific reviews. No were found resistant strains to thiabendazol, PCNB (excepting ACH) and fludioxonil ($FR < 1$). The strain of *R. cerealis* was tolerant to iprodione ($FR = 3.39 - 3.69$), meanwhile only one isolate of *R. solani* (ATC) was tolerant ($FR = 1.48$). To pencycuron only the strains *R. cerealis* were tolerant ($FR = 12.56 - 15.83$). *R. solani* showed high sensitivity ($FR < 0.126$).

About the parasitic fitness study, the fitness components were: incidence (percent stem with damage) and severity (Carling y Leiner scale, 1990). The results showed different levels in the incidence values (38-100 percent), but no showed statistical difference.

In the severity factor there were different levels in the severity values (0.2 – 5) according with the Carling and Leiner scale, 1990. The sensitive strains showing high values although no statistical differences exist between all strains, excepting the *R. solani* AVT strain. In this sense all strains showed at least one or two high values in this severity component.

According with the results obtained in this study, strains with a different sensitivity level (RF) showed a similar behavior in the fitness values (high agresiveness).

Two *R. solani* strains were tolerant, ATC to iprodione and ACH to PCNB. None showed loss or gain in the parasitic fitness, meanwhile the sensitive strain AVT only showed loss. Both species were pathogenic in potato plant.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xvii
INDICE DE FIGURAS.....	xviii
INTRODUCCION.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
El Cultivo de la Papa.....	5
Generalidades.....	5
Importancia Alimenticia.....	5
Características Botánicas.....	6
Costra Negra de la Papa.....	7
Antecedentes Históricos.....	7
Importancia.....	8
Ubicación Taxonómica.....	9
Características Morfológicas.....	9
Estado Sexual.....	11
Grupos de Anastomosis.....	12
Epidemiología.....	14
Condiciones Ambientales.....	14
Textura y Humedad del Suelo.....	15
Patogenicidad.....	15
Sintomatología.....	17

Ciclo de la Enfermedad.....	18
Medidas de Control.....	19
Control Cultural	19
Control Genético.....	19
Control Químico.....	20
Sensibilidad a Fungicidas.....	21
Características Fisico-químicas de los Fungicidas Empleados.....	25
Pencycuron.....	25
PCNB.....	26
Iprodione.....	27
Tiabendazol.....	28
Fludioxonil.....	30
Adaptabilidad de Cepas de <i>R. solani</i> y <i>R. cerealis</i>	31
MATERIALES Y METODOS.....	37
Colecta de Material Dañado por <i>Rhizoctonia</i>	37
Aislamiento e Identificación de las especies de <i>Rhizoctonia</i>	38
Aislamiento.....	38
Identificación.....	39
Conteo de Núcleos.....	39
Diámetro de Hifas.....	40
Caracterización de Micelio.....	40
Caracterización de Esclerocios.....	40
Incremento de las Cepas.....	41
Pruebas de Sensibilidad a Fungicidas.....	41

Preparación del Medio de Cultivo.....	41
Preparación de Diluciones.....	42
Siembra de las Cepas.....	42
Variables Evaluadas.....	42
Análisis Estadístico.....	43
Determinación del Factor de Resistencia (FR).....	44
Adaptabilidad de las Cepas.....	45
Esterilización de Suelo.....	45
Incremento de Inóculo.....	46
Siembra de Tubérculos e Inoculación.....	46
Incubación.....	46
Diseño Experimental.....	47
Variables Evaluadas.....	48
Prueba Estadística.....	49
Verificación de Cepas Inoculadas.....	51
RESULTADOS.....	52
Identificación de Cepas de Especies de <i>Rhizoctonia</i>	52
Conteo de Núcleos.....	52
Diámetro de Hifas.....	52
Caracterización de Micelio.....	53
Color Micelial.....	53
Tipo de Crecimiento.....	54
Caracterización de Esclerocios.....	54

Tamaño de Esclerocios.....	54
Estudio de Sensibilidad a Fungicidas.....	55
Estudios con tiabendazol.....	56
Estudios con iprodione.....	57
Estudios con PCNB.....	59
Estudios con pencycuron.....	60
Estudios con fludioxonil.....	61
Adaptabilidad de las Cepas.....	63
Incidencia.....	63
Severidad.....	64
Verificación de Cepas de <i>R. solani</i> y <i>R. cerealis</i>	65
DISCUSION.....	66
Identificación de Cepas de <i>R. solani</i> y <i>R. cerealis</i>	66
Estudios de Resistencia de <i>R. solani</i> y <i>R. cerealis</i> a Fungicidas.....	66
Estudios con tiabendazol.....	66
Estudios con iprodione.....	70
Estudios con PCNB.....	72
Estudios con pencycuron.....	74
Estudios con fludioxonil.....	75
Estudios sobre la Adaptabilidad.....	79
CONCLUSIONES.....	86
RESUMEN.....	87
LITERATURA CITADA.....	91
APENDICE.....	100

INDICE DE CUADROS

CUADRO No.	Página
3.1 Fungicidas y concentraciones empleadas para determinar los niveles de tolerancia de <i>R. solani</i> y <i>R. cerealis</i> a diferentes fungicidas.....	44
3.2 Cepas utilizadas para estudiar la adaptabilidad de <i>R. solani</i> y <i>R. cerealis</i> sobre plantas de papa variedad Alpha.....	47
4.1 Características morfológicas y fenotípicas de <i>R. solani</i> y <i>R. cerealis</i>	53
4.2 Valores de la CI ₅₀ , CI ₉₀ y Factor de Resistencia (FR) de <i>R. solani</i> y <i>R. cerealis</i> , obtenido en las pruebas con tiabendazol.....	56
4.3 Valores de la CI ₅₀ , CI ₉₀ y Factor de resistencia (FR) de <i>R. solani</i> y <i>R. cerealis</i> obtenido en las pruebas con iprodione.....	58
4.4 Valores de la CI ₅₀ , CI ₉₀ y Factor de Resistencia (FR) de <i>R. solani</i> y <i>R. cerealis</i> , obtenido en las pruebas con PCNB.....	59
4.5 Valores de la CI ₅₀ , CI ₉₀ y Factor de Resistencia (FR) de <i>R. solani</i> y <i>R. cerealis</i> , obtenido en las pruebas con pencycuron.....	61
4.6 Valores de la CI ₅₀ , CI ₉₀ y Factor de Resistencia (FR) de <i>R. solani</i> y <i>R. cerealis</i> , obtenido en las pruebas con fludioxonil.....	62
4.7 Análisis estadístico de la incidencia <i>R. solani</i> y <i>R. cerealis</i> inoculadas en papa variedad Alpha, bajo condiciones controladas (sin fungicida).....	63
4.8 Prueba de comparaciones múltiples de Dunn de las cepas de <i>R. solani</i> y <i>R. cerealis</i> para el factor severidad en papa var. Alpha en la prueba de Kruskal-Wallis.....	65
5.1 Concentración de datos de sensibilidad a fungicidas en base a la CI ₅₀ , índices de incidencia y valores de severidad para cepas de <i>R. solani</i> y <i>R. cerealis</i> , bajo condiciones de laboratorio.....	82

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
5.1 Comparación de susceptibilidad en base a CI_{50} y sus límites fiduciales de las cepas <i>R. solani</i> y <i>R. cerealis</i> al iprodione, fludioxonil, tiabendazol, PCNB y pencycuron. 1997.....	67
5.2 Líneas de respuesta dosis-inhibición de crecimiento de especies de <i>Rhizoctonia</i> al tiabendazol en cepas de distintas áreas productoras de papa de México.....	69
5.3 Líneas de respuesta dosis-inhibición de crecimiento de especies de <i>Rhizoctonia</i> al tiabendazol en cepas de distintas áreas productoras de papa de México.....	71
5.4 Líneas de respuesta dosis-inhibición de crecimiento de especies de <i>Rhizoctonia</i> al PCNB en cepas de distintas áreas productoras de papa de México.....	73
5.5 Líneas de respuesta dosis-inhibición de crecimiento de especies de <i>Rhizoctonia</i> al pencycuron en cepas de distintas áreas productoras de papa de México.....	76
5.6 Líneas de respuesta dosis-inhibición de crecimiento de especies de <i>Rhizoctonia</i> al fludioxonil en cepas de distintas áreas productoras de papa de México.....	78

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* Linneo) se encuentra dentro de los cuatro primeros cultivos en la alimentación humana, solo después de las gramíneas; arroz, trigo y maíz. Las principales zonas productoras se encuentran en los países europeos, asiáticos y americanos (Narro, 1986).

La producción promedio mundial de este cultivo es de 13.3 ton/ha. Del total de las 550,000 ha de hortalizas sembradas en el mundo. En México en la producción de hortalizas, la papa ocupa el primer lugar con un total de 75,000 ha representando el 3.6 por ciento (SEP, 1982). En los estados de Coahuila y Nuevo León los rendimientos promedios fueron de 43,978 y 36,978 ton/ha respectivamente, rendimientos muy superiores al promedio nacional reportados en 1992 que fueron de 16,818 ton/ha (INEGI, 1994). Estas dos regiones representan el 11.3 por ciento de la superficie nacional sembrada y el 17.4 por ciento de la producción nacional (SARH, 1995). Otras zonas productoras de importancia nacional se encuentran en los Valles Altos de Toluca, Hidalgo, El Bajío, Tlaxcala, Guanajuato y Chihuahua (Narro, 1986). Sin embargo, uno de los principales problemas fitosanitarios de este cultivo es la enfermedad llamada costra negra de la papa causada por *Rhizoctonia solani* Kühn la cual ocasiona una disminución del rendimiento y de la calidad del producto (Alonso *et al.*, 1995), además causa fuertes pérdidas al ocasionar daño en plántulas, tallos, brotes y tubérculos (Agrios, 1996).

La costra negra o viruela de la papa causado por *R. solani* ha sido ampliamente reconocida como uno de los patógenos más comunes y ampliamente distribuido en las zonas productoras de papa. Suele presentarse en forma endémica y debido a su naturaleza es difícil de controlar ya que tiene una alta capacidad de supervivencia debido a la formación de esclerocios, los cuales pueden estar latentes por largos períodos de tiempo tanto en suelo, desechos vegetales, así como en una amplia gama de hospederos, incluyendo malezas (Alvarado, 1997). Esta enfermedad comúnmente se asocia con problemas en la emergencia de plántulas, pero en condiciones húmedas y frescas demerita también la calidad de la cosecha debido a la formación de esclerocios sobre la superficie del tubérculo y los cuales le dan una apariencia similar a costras. La incidencia de este patógeno puede ser hasta de un 97 por ciento ocasionando pérdidas que van de un 7 a un 64 por ciento además de ocasionar problemas de comercialización (Carling y Leiner, 1986).

Aún no se conocen variedades resistentes a este patógeno y algunos productos químicos utilizados en su control han mostrado inconstancia a través de los años. La presión de selección ejercida sobre el hongo por altas concentraciones de fungicidas y aplicaciones periódicas puede ocasionar la aparición de cepas resistentes a diversos productos. En varios patosistemas se han presentado casos de resistencia, como ocurrió con *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. en manzano, donde presentó en corto período de tiempo resistencia al dodine (Ross y Newbery, 1977) y *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary presentó resistencia al metalaxil en papa (Cohen y Coffey, 1986). Para *Rhizoctonia zeae* se ha presentado ineffectividad del PCNB *in vivo* (Martin *et al.*, 1984).

Resultados similares se encontraron para *R. solani* (AG4) en pruebas *in vitro*, la cual presentó insensibilidad a este fungicida (Kataria *et al.*, 1991). En estudios recientes en la región papera de Coahuila se encontraron cepas de *R. cerealis* patogénicas en el cultivo de la papa y las cuales *in vitro* presentaron tolerancia al pencycuron (Lara *et al.*, 1996). Es importante conocer si cepas susceptibles, tolerantes o resistentes, tienen la misma aptitud de agresividad en cuanto a incidencia y severidad (adaptabilidad). La teoría de la homeostasis genética propuesta por Vanderplank (1963), menciona que al eliminar la presión de selección las poblaciones resistentes tienden a comportarse de acuerdo a su estado original de adaptabilidad y que al desarrollarse resistencia se tiende a perder agresividad en el hospedero (Vanderplank, 1963; Wolfe, 1975; Dekker, 1977; McPhee y Nestmann, 1983; Gullino *et al.*, 1986). Sin embargo, en otros estudios realizados se ha reportado lo contrario, donde cepas resistentes no han perdido su adaptabilidad (Davidse *et al.*, 1983; Cohen y Reuveni, 1983; Crute, 1987). La aparición de cepas resistentes podría ocasionar graves problemas en el control de la enfermedad, aumentando costos de producción y ocasionando una alteración en el patosistema. En las regiones estudiadas no existen reportes sobre el nivel de tolerancia a fungicidas, ni estudios sobre la adaptabilidad de diferentes especies de *Rhizoctonia*. Por lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron:

* Determinar los niveles de tolerancia de *Rhizoctonia solani* y *Rhizoctonia cerealis* a fungicidas de diferente grupo toxicológico (pencycuron, PCNB, iprodione, tiabendazol y fludioxonil), aisladas de las regiones paperas de Coahuila, Nuevo León, Chihuahua, Toluca y Guanajuato.

* Determinar la adaptabilidad de los aislamientos susceptibles y tolerantes en plantas de papa, bajo condiciones controladas.

REVISIÓN DE LITERATURA

El Cultivo de la Papa

Generalidades

La papa (*S. tuberosum*) que es uno de los principales cultivos hortícolas en todo el mundo, así como en México; es originario de América del Sur (Perú, Ecuador y Bolivia), es una hortaliza de tallo anual perteneciente a la familia de las solanáceas. Tiene capacidad de reproducirse asexualmente por medio de tubérculos, así como sexualmente por medio de semilla botánica producida en el fruto (Valadéz, 1996).

Importancia Alimenticia

La FAO en 1980 la reporta en cuarto lugar según su importancia alimenticia y ocupa el segundo lugar en cuanto a rendimiento de proteínas por ha, solo después de la soya. (SEP, 1982). El valor alimenticio equivale al doble que un área igual de maíz y el mismo que la carne de res con la misma superficie (Cullen y Wilson, 1971).

Características Botánicas

Según las características botánicas descritas por Delorit y Henry (1985) y Edmond *et al.* (1985), se describe a la papa de la siguiente manera:

Los tallos son ligeramente vellosos alrededor de 60 cm de largo, son aéreos y angulosos, de color verde a verde-púrpura, dependiendo de la variedad. Las hojas están formadas por nueve o más folíolos en forma pinatocompuestas en espiral. En condiciones de humedad pueden ser anchas y aplanadas, y en condiciones áridas pueden ser angostas y en forma de copa.

Las flores nacen en la extremidad de los tallos en forma de racimo, estas son individuales y perfectas, siendo más profusas en condiciones de bajas temperaturas durante el verano. Los colores más frecuentes son: blanco, rosa, lila y púrpura.

Las bayas o frutos son formados como resultado de la fecundación, son verdes cuando inmaduros y amarillos al madurar. Cada fruto contiene entre 100 y 300 semillas.

Esta planta posee rizomas o estolones, los cuales son desarrollados por las porciones subterráneas de los tallos, varían de longitud entre 2.5 a 10 cm.

Los tubérculos se desarrollan en el extremo de los rizomas, son considerados como tallos modificados. El tamaño depende de la variedad, textura del suelo y de las

condiciones climáticas. La forma generalmente es de redonda a alargada y de cutícula lisa, áspera o coriácea. Los colores más comunes son: blanco, púrpura y amarillo. Los tubérculos tienen entre tres o más yemas por ojo, de las cuales se obtienen nuevos crecimientos al sembrar el tubérculo o al estar bajo condiciones de almacenamiento.

El sistema radicular es fibroso y adventicio cuando las plantas son propagadas asexualmente, éstas nacen de los nudos del tallo situado en el suelo y en plantas adultas pueden alcanzar de 0.90 a 1.20 m tanto vertical como lateralmente, aunque la mayor parte de las raíces tienen un promedio de 15 a 60 cm de largo.

Costra Negra de la Papa

Antecedentes Históricos

A finales del siglo XVIII, micólogos europeos descubrieron un hongo parásito del azafrán (*Crocus sativus*) al que Persoon en 1801 consideró como una forma estéril y lo clasificó en el género *Sclerotium*. De Candolle, en 1815 creó el género *Rhizoctonia* y en 1858 Kühn describe una enfermedad provocada por *Rhizoctonia* sobre papa y consideró esta enfermedad distinta al del “mal vinoso” denominando al hongo causante de ella como *Rhizoctonia solani*, reubicando por tanto su posición inicial (Walker, 1959).

Importancia

La costra negra o viruela de la papa causada por *R. solani* ha sido ampliamente reconocida como una de las enfermedades más comunes y ampliamente distribuida en las zonas productoras de papa (Hooker, 1980; Carling y Leiner, 1986; Schultz y Crispin, 1989). Suele presentarse en forma endémica y debido a su naturaleza se le considera de difícil control, debido a su amplio rango de hospederos, dentro de los cuales se encuentran las malezas (Alvarado, 1997).

Este hongo tiene una alta capacidad de sobrevivencia por largos períodos debido a la formación de esclerocios tanto en suelo como en desechos vegetales (Frank y Leach, 1980; Zimmer y Russell, 1981; Banville, 1989).

Rhizoctonia comúnmente se asocia con problemas en la emergencia de plántulas, ocasionando lesiones en las partes bajas de los tallos lo cual interfiere en el flujo de agua y nutrientes (Frank y Leach, 1980).

En condiciones húmedas y frescas demeritan la calidad de la cosecha por la formación de esclerocios, que van de negros a cafés dando la apariencia de costras en la superficie de los tubérculos (Schultz y Crispin, 1989).

Estudios recientes indican que esta enfermedad puede reducir la producción desde un siete a un 64 por ciento (Carling y Leiner, 1986).

Ubicación Taxonómica

Alexopoulos y Mims, 1979 ubican a la costra negra en la siguiente posición taxonómica:

Super reino.....Eukaryota

Reino.....Mycetae

División.....Amastigomycota

Subdivisión.....Deuteromycotina

Clase.....Deuteromycetes

Subclase.....Hyphomycetidae

Orden.....Aganomyetales (Mycelia Sterilia)

Genero.....*Rhizoctonia*

Especie.....*solani*

cerealis

Características Morfológicas

Sneh *et al.* (1991) citan que la citomorfología es un criterio para identificación de especies de *Rhizoctonia*. Considerando el número de núcleos en las células, este género se separa en dos grandes grupos: *Rhizoctonia* binucleados y *Rhizoctonia* multinucleados. Las características de los dos grupos son: algún vestigio de pigmentación color café en las hifas, ramificación cerca del septo distal en hifas jóvenes, constricción de la hifa y formación de septo a corta distancia del punto de origen de la hifa ramificada y septo doliporo.

Sneh *et al.* (1991) mencionan que en las hifas jóvenes de *R. solani* se encuentran células multinucleadas, células moniloides, en células viejas se presenta formación de esclerocios. Las hifas tienen un diámetro mayor de 5 μ , presentan rápido crecimiento y la patogenicidad generalmente está presente.

Aunque en las cepas binucleadas el número de núcleos en la célula es usualmente de dos, en ocasiones presentan hasta tres núcleos, formación de falsos esclerocios, diferente color del micelio al de *R. solani* (café) y morfología del estado sexual (Sneh *et al.*, 1991).

Barnett y Hunter (1987) mencionan que *R. solani* presenta micelio hialino cuando joven, posteriormente se torna de color amarillo a café claro. El micelio consta de células largas y produce ramificaciones que crecen casi en ángulo recto con respecto a la hifa principal.

Sneh *et al.* (1991) mencionan que cuando la hifa madura se vuelve uniforme y rígida, toman las ramificaciones un ángulo normalmente de 90°, aunque se pueden encontrar de 45° de la hifa principal. El diámetro de las células de la hifa de *R. solani* varía entre 3 a 17 μ , y el largo de las células varían entre 50 a 250 μ , mientras que las cepas binucleadas son generalmente más delgadas, pero más largas que *R. solani* con una relación mayor que 5:1. Cuando hay formación de células moniloides la relación es de 3:1; estas células también son llamadas células doliformes, células en forma de barril, células escleróticas o clamidiosporas.

Ogoshi (1987) asevera que *R. solani* presenta células granulares, multinucleadas (3 a 28 núcleos), presenta hifas de diámetro de seis hasta diez μ , carece de rizomorfos y presenta células moniloides con septo doliporo. El número de núcleos es más bajo en las células viejas, probablemente debido a la formación de septos secundarios.

Dickinson (1987) indica que *R. solani* es un patógeno muy versátil que ataca una amplia variedad de cultivos, formando tanto apresorios lobulados como agregaciones más complejas de pequeñas hifas ramificadas llamadas cojinetes de infección.

Sneh *et al.* (1991) hacen notar que los esclerocios son generalmente formados de masas compactas de células moniloides o bien de hifas indeferenciadas. El color de los esclerocios varía según la especie de color café (*R. solani*), salmón (*R. oryzae*) a blanco (*R. cerealis*). El diámetro de los esclerocios varía de < 1 a 8 mm y estos se pueden presentar dentro o fuera del hospedero.

Estado Sexual

Sarasola y Sarasola (1975), Dickinson (1987) y Agrios (1996) coinciden en señalar que *R. solani*, rara vez produce su estado perfecto. Este se ubica en el Basidiomiceto conocido como *Thanatephorus cucumeris*, el cual se forma en condiciones de humedad. Este desarrolla un micelio fino en el suelo, así como en hojas y tallos infectados que se encuentran por arriba de la superficie del suelo. Los basidios tienen

forma de barril, miden de 15 a 18 X 8 a 10 μ , formándose sobre una capa membranosa de micelio y tienen cuatro esterigmas, cada uno de ellos lleva una basidiospora ovoide hialina de 7 a 16 X 5 a 15 μ .

Carling y Leiner (1986) indican que en Alaska, himenios de *T. cucumeris* por lo general se desarrollan en las partes bajas de los tallos provocando fuertes infestaciones en los cultivos, que se observan en 50 por ciento o más de las plantas con síntomas.

Sneh *et al.* (1991) mencionan que los anamórficos del género *Rhizoctonia* son heterogéneos; sin embargo, *R. solani*, *R. zae* y *R. oryzae* son ubicados en el teleomórfico *T. cucumeris* (syn.: *Pellicularia* spp). Currah (1987) en análisis detallados utilizando grupos de anastomosis, secuencias de bases de ADN y características bioquímicas encontró que *R. solani*, *R. praticola* y *Rhizoctonia* binucleados pertenecían al Basidiomycete *Ceratobasidium* spp., mientras Boerma y Verhoeven (1977) ubicaron a *R. cerealis* en el teleomorfo *Ceratobasidium gramineum*. Moore (1987) la renombra como *Ceratorhiza cerealis* (Van der Hoeven) Moore.

Grupos de Anastomosis

Carling y Leiner (1990) mencionan que *R. solani* se encuentra dividido en grupos basados en la anastomosis hifal; esta es una manifestación somática mostrando incompatibilidad entre aislamientos que no son del mismo grupo, mientras que los aislamientos del mismo grupo de anastomosis (GA), pueden presentar fusión de hifas

entre sí. Los mismos autores mencionan que el grupo de anastomosis más frecuentemente encontrado en la infección del cultivo de la papa, pertenece al grupo de anastomosis GA-3, aunque también se han encontrado los grupos GA-4 y GA-5 y en menor frecuencia los grupos GA-1, GA-2 y GA-9.

Cubeta *et al.* (1991) mencionan que *Rhizoctonia* binucleadas representa a un grupo diverso de organismos aislados tanto de plantas como de suelos y los cuales pueden existir saprofitamente o parasitando plantas. Al respecto Burpee (1980) encontró a *R. cerealis* como el agente causal del amarillamiento del césped. Cubeta *et al.* (1991) indican que más de 20 especies de *Rhizoctonia* binucleados han sido descritas y clasificadas de acuerdo a su ecología, enzimología, rango de hospederos específicos, morfología y anastomosis hifal. Este último criterio ha sido importante para la identificación. Actualmente se conocen alrededor de 24 grupos de anastomosis (GA). Kataria y Hoffman (1988) encontraron una *Rhizoctonia* binucleada en el cultivo de la papa, la cual ubicaron en el grupo de anastomosis AG-D =CAG1 correspondiente a *R. cerealis*.

Sneh *et al.* (1991) señalan que los aislamientos de *Rhizoctonia* spp. binucleadas aislados en Japón, excepto *R. repens* y *R. reticulata*, han sido ubicados en 17 grupos de anastomosis designados como GA-A hasta GA-Q, en tanto que los aislamientos de Norteamérica fueron asignados en siete grupos de anastomosis de CAG 1 hasta CAG 7. Los grupos de Norteamérica corresponden a los designados en Japón excepto los grupos CAG 5 y CAG 7 los cuales fueron designados como GA-R y GA-S respectivamente.

Epidemiología

Condiciones Ambientales

Bolkan (1980) asevera que a 18°C y suelos húmedos el patógeno ocasiona más daño en tallos y brotes de papa, encontrándose la temperatura media óptima entre 15 a 20 °C y presentándose poca infección entre los 38-43°C. Al respecto Walker (1975) menciona que la temperatura óptima en medio de cultivo es de 25 a 30 °C y en condiciones de campo de 23 a 28°C.

Carling y Leiner (1990) aseguran que *R. solani* GA-3 daña los brotes a temperaturas de 10, 15.5 y 21°C siendo el daño más severo a 10°C, en tanto que *R. solani* GA-5 daña a los brotes y a las raíces a temperaturas de 15.5 y 21.1°C. *R. solani* GA-8 causa daños fuertes en las raíces, pero un daño menor en los brotes cuando es sometido a estas tres temperaturas. Los mismos autores señalan que las temperaturas frías favorecen *R. solani* GA-3, siendo más virulenta que a temperaturas elevadas.

Martin y Lucas (1984) indican que *in vitro* la temperatura óptima para *R. cerealis* es cerca de 24 °C, temperatura a la cual forma masas de células moniloides y esclerocios discretos a las 2-4 semanas de crecimiento.

Textura y Humedad del Suelo

Robert y Boothroyd (1978) y Bolkan (1980) señalan que la enfermedad es más severa en suelos ácidos o neutros que en suelos alcalinos. La enfermedad es más severa en suelos pesados que en suelos ligeros, debido a que estos retienen más humedad.

Hooker (1990) indica que los niveles altos de humedad y deficiencias en el drenaje, tienden a incrementar la formación de esclerocios sobre los tubérculos recién formados. Mendoza (1983) menciona que los esclerocios germinan entre 8 a 30 °C con un óptimo de 21 a 25 °C.

Agrios (1996) menciona que esta enfermedad es más severa en suelos moderadamente húmedos, que en suelos secos o inundados. La infección de las plantas jóvenes es más severa cuando el crecimiento de la planta es lento; las plantas con crecimiento rápido tienen la posibilidad de escapar a la infección, aún cuando las temperaturas sean favorables al hongo.

Patogenicidad

Sneh *et al.* (1991) mencionan que la mayoría de las cepas de *R. solani* son patogénicas en el cultivo de la papa. Sin embargo, la virulencia está influenciada por numerosos factores, siendo de especial importancia los grupos de anastomosis (AG), debido a que una misma especie con diferente GA puede causar síntomas o puede ser

avirulenta en un mismo hospedero, se encuentran también diversos grados de patogenicidad dependiendo de las diferentes especies de *Rhizoctonia*. Al respecto Grisham y Anderson (1983) encontraron en zanahoria los grupos AG2 y AG4, causando estrangulamiento del tallo. Muyolo *et al.* (1993) señalan más virulencia en soya con las cepas AG-1, AG2-2 y AG4. Windels y Nabben (1989) encontraron que en nabo, las cepas más virulentas correspondieron a AG-1, AG2-2, mientras que las cepas binucleadas no fueron patogénicas. Carling y Leiner (1986) reportan que en el cultivo de la papa es más agresivo AG-3. Los mismos autores encontraron que la temperatura influye en los grados de patogenicidad para cada uno de los grupos de anastomosis.

Hill y Anderson (1989) en pruebas de invernadero evaluaron la virulencia de 174 aislamientos de *R. solani* (AG3) sobre tallos de papa, los aislamientos obtenidos de lesiones de estolones, esclerocios de tubérculos e himenios fueron los más virulentos, mientras que los aislamientos procedentes de lesiones de tallos bajo tierra fueron intermedios y los aislamientos de basidiosporas los menos virulentos.

Carling y Leiner (1986) encontraron que las especies de *Rhizoctonia* binucleadas en el cultivo de la papa no son muy agresivas o son avirulentas. Sin embargo, Kataria y Hoffman (1988) reportaron una *Rhizoctonia* binucleada (AG-D=CAG-1) causando lesiones en tallos de papa, algodón, frijol y soya. Por su parte Lara *et al.* (1996) encontraron que *R. cerealis* causaba incidencia del 70.8-100 por ciento en papa (var. Alpha y Gigant) con síntomas similares a los descritos para *R. solani*.

Ichievich *et al.* (1985) reportan que aislamientos de *R. solani* (AG-4) y especies binucleadas no patogénicas disminuyeron daños de estrangulamiento en un 76-94 por ciento en algodón, rábano y trigo.

Sintomatología

Hooker (1990) menciona que en la superficie en los tubérculos maduros se forman esclerocios de color negro, los que pueden ser poco prominentes y superficiales o grandes e irregulares en forma de terrones, de donde toma el nombre de “costra negra”. Generalmente la epidermis del tubérculo por debajo de los esclerocios no presenta ninguna anormalidad. Otros síntomas en los tubérculos incluyen zonas agrietadas, malformaciones, concavidades y necrosis en el extremo de la unión con el estolón.

Mendoza y Pinto (1983) señalan que en condiciones favorables el hongo ataca plántulas antes o poco después de que estas emerjan; las lesiones son hundidas de color rojizo, de tamaño variable, si las condiciones son favorables al hongo, pueden causar estrangulamiento o bien pudrición de brotes.

Lara *et al.* (1996) observaron en *R. cerealis* la siguiente sintomatología: estrangulamiento de tallos, lesiones con aspecto hundido de color café rojizo, necrosis cortical del tejido leñoso, destrucción de raíces, muerte de algunos estolones y formación de esclerocios.

Kataria y Hoffman (1988) mencionan que *R. cerealis* causa lesiones en los tallos de papa, mientras que Ogoshi (1985) observó que las cepas binucleadas pueden afectar el cultivo de la papa y causar pudrición de raíz, estrangulamiento y clorosis en otros cultivos.

Ciclo de la Enfermedad

Hooker (1990) menciona que en primavera cuando las condiciones son favorables, los esclerocios germinan e invaden los tallos de la papa o los brotes emergentes, especialmente a través de heridas. La formación de esclerocios sobre los tubérculos nuevos se puede realizar en cualquier momento. Sin embargo, el desarrollo máximo ocurre después de que se ha matado la planta y cuando los tubérculos aún permanecen enterrados. León (1978) menciona que el hongo sobrevive en residuos de cosecha como micelio. Agrios (1996) dice que la propagación se puede dar por medio del agua y tubérculos infectados. Mendoza y Pinto (1983) observaron que los esclerocios se producen al inicio de las lluvias y estos germinan entre 8-30°C con un óptimo de 21-25°C.

Adams y Butler (1983) en pruebas *in vitro* y probando diversos factores ambientales, estimularon la formación de basidiosporas de *T. cucumeris*. Las basidiosporas se formaron en humedad relativa de 99 por ciento concentraciones superiores del 0.6 por ciento de CO₂ y realizando transferencias del hongo de un medio de PDA enriquecido a un medio pobre en nutrientes, como el agar agua.

Medidas de Control

Control Cultural

Romero (1988) menciona que para reducir los daños de este patógeno se deben seleccionar tubérculos libres de esclerocios, tener el suelo bien drenado, realizar rotación de cultivos y manejar fechas de siembra para evadir el tiempo frío y húmedo que favorecen el patógeno, también es conveniente un buen control de malezas. Alvarado (1997) menciona que existen grupos de anastomosis asociadas con las malezas, los cuales ocasionan daños al cultivo de la papa.

Hernández *et al.* (1993) mencionan que *R. solani*, es un patógeno difícil de controlar, debido a que no existen medidas de control prácticas y efectivas. La desinfección del suelo puede ser efectiva, pero no es práctica; la rotación de cultivos puede tener efectos benéficos, pero dada la presencia de los grupos de anastomosis que se desarrollan en diferentes cultivos y debido a su amplio rango de hospederos, esta práctica deja de ser efectiva.

Control Genético

Hooker (1990) señala que todavía no ha sido posible identificar un alto nivel de resistencia de la papa en especies de *Rhizoctonia*. En tanto que Leach y Webb (1993) encontraron grados moderados de resistencia en líneas de papa del tipo rojizo.

Control Químico

Biehn (1970) establece que los fungicidas del grupo de los bencimidazoles (benomilo y tiabendazol) aplicados como polvos, mojados o asperjados pueden ser usados a la semilla para controlar *R. solani*.

Grisham (1984) indica que los fungicidas PCNB, pencycuron, iprodione y furmecycloz controlan eficientemente la “costra negra”. En pruebas *in vitro* los que presentaron mayor actividad inhibidora fueron el iprodione y PCNB.

Agrios (1996) señala que varios fungicidas incluyendo algunos de contacto (mancozeb, anilazina y clorotalonil) y sistémicos (carboxin y tiofanato de metilo) al parecer proporcionan buen control de la enfermedad.

Mendoza y Pinto (1983) recomiendan aplicar captan o benomilo, en plantas más grandes dirigido al cuello de la planta aflojando la boquilla o bien mancozeb o clorotalonil. También se recomienda aplicar PCNB para el tratamiento de semilla.

Carling *et al.* (1989) recomiendan sumergir la semilla de papa durante dos minutos en una solución acuosa al 1.85 por ciento de formaldehído para eliminar el inóculo.

Alonso (1992) indica que los fungicidas flutalonil, pencycuron y PCNB controlan eficientemente a *R. solani*. Motoba *et al.* (1988) mencionan que el flutalonil tiene una buena acción antifungal además de presentar selectividad.

Song *et al.* (1987) encontraron que la mezcla de pencycuron e isoprocarb tenían un efecto de potenciación en contra de *R. solani*. En estudios hechos en laboratorio y en invernadero indican que la relación óptima fue de 12.5 por ciento pencycuron y 30 por ciento isoprocarb. Kataria *et al.* (1989) indican que el fungicida tiabendazol es más eficaz cuando es mezclado con insecticidas, particularmente con el dimetoato.

Sensibilidad a Fungicidas

Wolfe (1975) menciona que la evolución de patógenos resistentes a fungicidas ha sido un serio problema desde que se reportaron casos de resistencia debido a la presión de selección; es posible que cualquier patógeno tenga el potencial de desarrollar resistencia debido a la persistencia de los productos por varios meses (Sharom y Edgington, 1982). La existencia de hongos fitopatógenos resistentes no fue realmente un problema sino hasta principios de 1970; de hecho antes de este tiempo existía la creencia general de que cepas de hongos tolerantes a fungicidas era un caso raro (Georgopoulos y Zaracovitis, 1967). Sin embargo, evidencias encontradas en años posteriores demostraron lo contrario. Ross y Newbery (1977) reportaron la aparición de cepas resistentes de *V. inaequalis* al dodine, la resistencia apareció en un período relativamente corto de tiempo.

Davidse *et al.* (1983) reportaron resistencia de *P. infestans* al metalaxil en Holanda; Dowley y O'Sullivan (1981) la reportaron en Irlanda y Cohen y Reuveni (1983) en Israel.

Roberts y Stephens (1991) probaron la efectividad del PCNB en cepas de *R. solani* provenientes de diferentes regiones del país en medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA) a concentraciones de 1, 10 y 100 mg/lit encontraron que el 50 por ciento de las cepas probadas mostraron de un 90 a 100 por ciento de inhibición, además que el PCNB mostraba buena efectividad a concentraciones bajas. Martin *et al.* (1984) encontraron que *R. solani* fue susceptible y moderadamente susceptible al PCNB, mientras que algunas cepas binucleadas fueron tolerantes.

Martin *et al.* (1984) mencionan que *R. cerealis* es capaz de desarrollar crecimiento miceliano a concentraciones de 10 mg/lit de PCNB, indicando que existen cepas con una concentración inhibidora (CI_{50}) que varía de 0.19 a 215 mg/lit. Con fines de comparación, los aislamientos fueron considerados como extremadamente susceptibles si la CI_{50} fue < 1 mg/lit moderadamente susceptible si la CI_{50} oscila entre 1-10 mg/lit y como tolerantes cuando la CI_{50} excede 50 mg/lit.

Martin *et al.* (1984) mencionan que existe gran variabilidad en la sensibilidad a diferentes grupos de anastomosis de *R. solani* y gran sensibilidad de *Rhizoctonia* binucleadas al benomilo. Al respecto los aislamientos de *R. solani* mostraron inhibición completa entre 10-100 mg/lit; El aislamiento de *R. zeae* presentó tolerancia a este fungicida. *R. solani* presentó una extrema susceptibilidad al fungicida carboxin en dosis

que fueron de 1 a 38.8 mg/lt mientras que los aislamientos de *Rhizoctonia* binucleada evaluadas mostraron de sensibilidad moderada a extrema sensibilidad, variando las dosis de 1 a 13.5 mg/lt. Los mismos aislamientos fueron extremadamente sensibles al iprodione mostrando inhibición a dosis menores de 1 mg/lt, mientras que los aislamientos de *R. zeae* presentaron una moderada sensibilidad, inhibiendo su crecimiento de 2.2 a 2.53 mg/lt.

Kataria *et al.* (1991) encontraron que para *R. solani* algunos grupos de anastomosis mostraron susceptibilidad a concentraciones de 0.1 a 9 mg/lt de iprodione, mientras que al pencycuron aislamientos AG4 fueron insensibles ($CI_{90} > 500$ mg/lt), los aislamientos AG2-1, fueron muy variables en su sensibilidad ($CI_{90} = 0.5$ a 220 mg/lt). Mientras que los aislamientos de *R. cerealis* tratados con ciproconazol, tolclofos-metil, benomilo e iprodione presentaron una marcada sensibilidad a un CI_{90} de 0.5 a 4 mg/lt.

Kataria *et al.* (1991) mencionan que las *Rhizoctonia* binucleadas no mostraron inhibición al proconazole, procloraz y pencycuron a concentraciones de $CI_{90} > 100$ mg/lt.

Leach y Murdoch (1985) mencionan que *R. cerealis* es capaz de desarrollar micelio a concentraciones de 1 mg/lt de tiabendazol y presentar total inhibición a 10 mg/lt, mientras que *R. solani* es inhibido a 7 mg/lt.

Lara *et al.* (1996) mencionan que los aislamientos de *R. cerealis* son capaces de desarrollarse a concentraciones de 1000 mg/lt de pencycuron.

Ariena *et al.* (1984) encontraron cepas de *R. solani* (GA-1,2 y 4) resistentes a tolclorfos-metil ($CI_{90} > 1600$ mg/lit). Olaya y Abawi (1992) reportaron que *R. solani* se inhibía a la $CI_{90} < 10$ mg/lit en pruebas con el iprodione, mientras que con el pencycuron se inhibían a la $CI_{90} < 100$ mg/lit. Grisham (1983) en pruebas *in vitro* obtuvo resultados similares, donde *R. solani* fue inhibido a concentraciones menores de 10 mg/lit de iprodione, señalando que en pruebas *in vitro* los fungidas con más actividad inhibidora fueron el iprodione, PCNB y furmecyclox.

Martín y Lucas (1984) indican que puede variar la respuesta de un patógeno en las pruebas de fungidas en laboratorio y que los resultados obtenidos en estas pruebas pueden no estar necesariamente correlacionadas con el control de la enfermedad en campo.

Van Der Hoeven y Bollen (1980) reportaron que cepas de *R. cerealis* las cuales eran sensibles al benomilo *in vitro*, al realizar las pruebas *in vivo* se presentaba un aumento de la enfermedad.

Un comportamiento contrario fue señalado por Staub *et al.* (1979), quienes observaron que aunque algunos aislamientos de *P. infestans* eran resistentes al metalaxil *in vitro*, estos eran completamente sensibles al fungida *in vivo*.

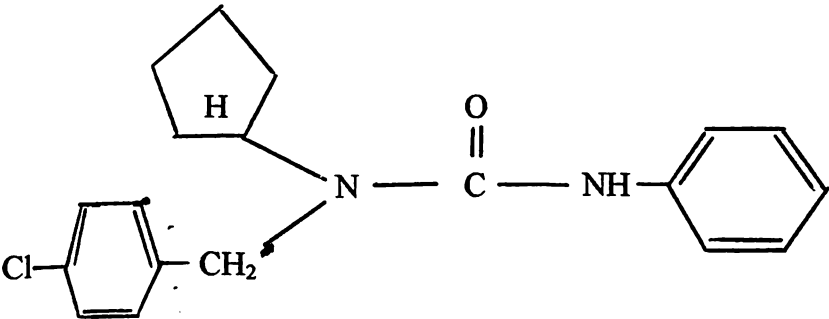
Características Fisico-Químicos de los Fungicidas Empleados

Pencycuron

Thomson (1993) menciona que el pencycuron es un fungicida de contacto del grupo de las fenilureas.

- Nombre común.....pencycuron
- Nombre comercial.....Monceren
- Nombre químico.....N-(4-clorofenil)-metil-N- cyclopentil-N’fenilurea.
- Formulación.....Polvo humectable al 25%
- Toxicidad.....DL₅₀ 5000 mg/kg.
- Fitotoxicidad.....No es fitotóxico al usarlo directamente.
- Cultivos recomendados.....Papa, arroz, ornamentales, algodón, remolacha
- Hongos controlados.....*Rhizoctonia* spp. *Rhizoctonia solani*
- Observaciones..... No controla *Pythium* spp. ni *Fusarium* spp.

Fórmula estructural

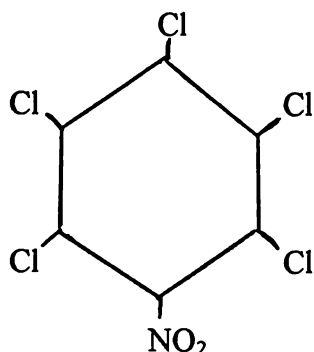


PCNB

Thomson (1993) describe a este producto como un fungicida del grupo de los hidrocarbano-clorados, usado como fungicida al suelo y en el tratamiento de semillas.

Nombre común.....	PCNB (quintoceno)
Nombre comercial.....	Pentacloro
Nombre químico.....	Pentacloronitrobenceno
Toxicidad.....	DL ₅₀ 12,000 mg/kg. Puede causar irritación cutánea.
Fitotoxicidad.....	No es fitotóxico. Puede ocasionar quemaduras
Cultivos.....	Papa, frijol, algodón, brócoli, coliflor, chile, pastos y tomate.
Hongos controlados.....	<i>Rhizoctonia</i> spp. <i>Sclerotinia</i> spp. <i>Botrytis</i> spp.
Observaciones.....	No controla <i>Fusarium</i> spp. ni <i>Pythium</i> .
Aplicación.....	Aplicar a la semilla o alrededor del suelo al momento de la siembra, se puede aplicar en banda, incorporado al suelo en pre-plantación es muy efectivo, se puede aplicar como post-emergente. Es compatible con otros fungicidas e insecticidas, excepto los de reacción alcalina, no influye el pH en su efectividad residual. No es corrosivo, poco volátil.

Fórmula estructural



Iprodione

Thomson (1993) describe este producto como un fungicida orgánico de contacto, con acción preventiva y curativa. Pertenece al grupo de los imidazoles (heterocíclico).

Nombre común.....iprodione

Nombre comercial.....Rovral 50

Nombre químico.....3-(3,5-diclorofenil)- N -(1-metil-etil)-2,4 dioxo-imidazolidine carboxamida.

Fitotoxicidad..... No es fitotóxico cuando es usado en forma directa.

Toxicidad.....DL₅₀ 3500 mg/kg, irritante a los ojos

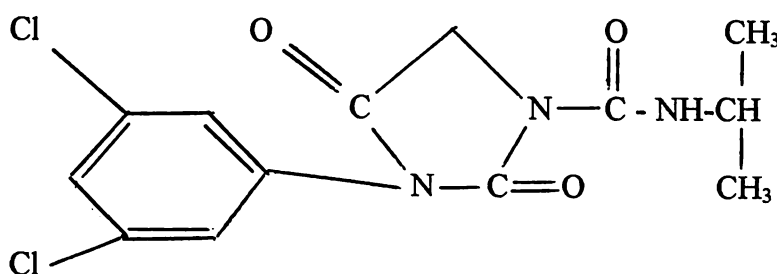
Cultivos.....Zanahoria, frijol, papa, cebolla, arroz y pastos.

Hongos controlados.....*Rhizoctonia* spp., *Sclerotinia* spp., *Monilinia* spp., *Botrytis* spp., *Sclerotium*., *Alternaria* spp., *Septoria* spp, *Helminthosporium* spp.

Observaciones.....Tóxico a peces. No pastar en áreas tratadas.

Aplicaciones.....Aplicar Cuando la enfermedad aparezca y repetir a intervalos de 7-21 días, puede aplicarse en la post-cosecha y en el tratamiento de semilla. Aplíquese en forma foliar en ornamentales, se pueden realizar aplicaciones aéreas. Se considera como un fungicida de amplio espectro y compatible con la mayoría de los pesticidas.

Formula estructural



Tiabendazol

Thomson (1993) lo describe como un fungicida preventivo, con actividad sistémica. Pertenece al grupo de los bencimidazoles.

Nombre común.....tiabendazol.

Nombre comercial.....Tecto 60.

Nombre químico.....2-(4-tiazolil) bencimidazol.

Toxicidad.....DL₅₀ 3300 mg/kg Puede causar irritación cutánea.

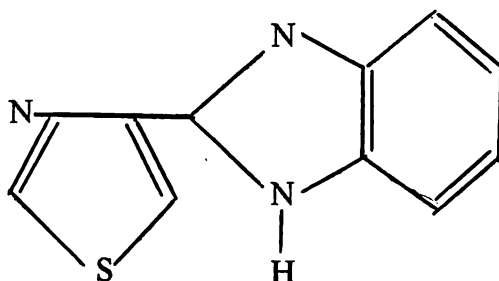
Formulación.....Polvo soluble al 60 %

Cultivos.....Papa, tabaco, papaya, manzana, plátano, mango, arroz, soya, ornamentales y pastos.

Hongos controlados.....*Colletotrichum* spp., *Cercospora* spp., *Fusarium* spp. *Rhizoctonia* spp. y *Verticillium* spp.

Observaciones.....No se diluya en aguas alcalinas. No se mezcle con fungicidas basados en cobre. No tiene acción bactericida ni contra especies de *Phytophthora*, *Pythium* o *Rhizopus*; se puede aplicar por aire.

Fórmula estructural



Fludioxonil

Thomson (1993) lo describe como un fungicida utilizado en la protección foliar.

Pertenece al grupo de los fenilpirroles.

Nombre común..... fludioxonil

Nombre comercial.....Maxim

Nombre químico.....4-(2,2-difluoro-1,3-benzodioxol-4-yl)1H-Pirrol-3-carbonitrilo

Formulación..... Polvo humectable

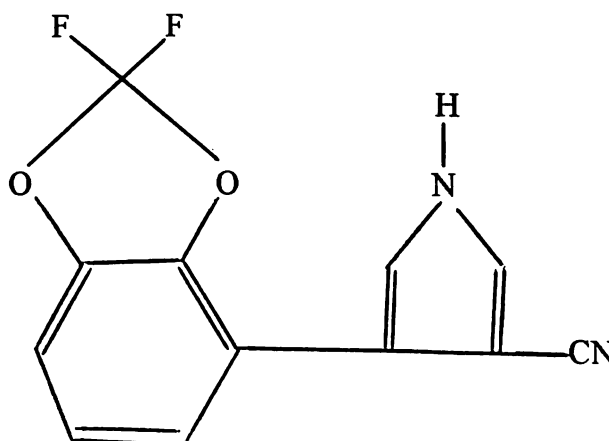
Usos.....Experimentalmente se ha utilizado en tratamientos foliares de vid, arroz, hortalizas, cereales, maíz y papa.

Enfermedades que controla.....Varios patógenos del suelo y enfermedades foliares.

Dosis..... Utilizase de 5-25 g de i.a./100 kg de semilla.

Observaciones.....Usado solo en fase experimental. No es sistémico.

Fórmula estructural:



Adaptabilidad de Cepas de *R. solani* y *R. cerealis*.

Chin (1987) menciona que el uso de fungicidas y plantas resistentes para combatir las enfermedades es por lo general complicado debido a la variabilidad genética de las poblaciones en el patosistema. Estos cambios tienden a afectar la adaptabilidad de las poblaciones a los niveles que existían antes de introducir químicos y genes resistentes en las plantas de un agrosistema, esto ha traído como resultado la aparente ineficacia en las medidas de control.

Groth y Barrett (1980) señalan que la adaptabilidad es una de las más importantes variables de una población genética. Pero que debido a la gran complejidad que implica realizar las investigaciones en un agrosistema comercial, donde no se pueden controlar muchos parámetros ambientales, tales como; concentración de nutrientes, temperaturas, humedad, fotoperíodo y concentración de fungicidas, es necesario realizarlos bajo condiciones controladas para que la dinámica de la población pueda ser matemáticamente definida.

Vanderplank (1963) asegura que la adaptabilidad es el potencial genético de una población de acoplarse a los cambios sufridos en el patosistema, principalmente por presión de selección de tal manera que una población susceptible al ganar resistencia, tiende a perder agresividad.

Tooley *et al.* (1986) enumeran como los principales componentes de adaptabilidad frecuencia de infección o incidencia (por ciento de hojas o tallos infestados), área de lesión o severidad (áreas lesionadas producidas seis días después de la inoculación), capacidad de esporulación (número de inóculos por cm²). En ese sentido McPhee y Nestmann (1983) mencionan que muchos factores contribuyen en la frecuencia y sobrevivencia de mutantes en el campo, tales como; virulencia, tasa reproductiva y la velocidad de colonización.

Wolfe (1971) establece la teoría genética de homeostasis y donde menciona que aunque individuos particulares con características de tolerancia a fungicidas puede ser seleccionada, la población completa no sigue necesariamente la misma dirección hasta que toda la población adquiera las mismas características y que al eliminar la presión de selección las poblaciones resistentes tienden a regresar a su estado original de adaptación.

Ogawa *et al.* (1977) indican que una población de patógenos podría tener en sus genes los alelos de resistencia a un fungicida. Si esto es el resultado de mutaciones naturales o son inducidas por el producto químico no está bien establecido, aunque algunos investigadores indican que las propiedades mutagénicas de los pesticidas no son significativas.

Si existen niveles de variación de la resistencia en las poblaciones, el uso de fungicidas selectivos ejerce presión sobre esta población porque los aislamientos resistentes tienen más alto valor adaptativo en un patosistema tratado con fungicida en

relación con los aislamientos susceptibles. Las poblaciones resistentes pueden ser seleccionadas e incrementar la frecuencia en las poblaciones de las subsecuentes generaciones, entonces la efectividad del fungicida puede declinar. Se ha especulado que los fungicidas inhibidores de la biosíntesis de esterol en relación de que los genes de resistencia que confieren mayor adaptabilidad en presencia del fungicida estos tienden a disminuir la frecuencia de genes resistentes al eliminar la presión de selección (Fuschs y de Waard, 1982; Georgopoulos, 1985; Köller y Scheinpflug, 1987).

Kadish y Cohen (1988) encontraron que en cepas de *P. infestans* resistentes al metalaxil era más alta la adaptabilidad que en las cepas susceptibles, en presencia del fungicida.

Koenraadt *et al.* (1992) sugieren que muchos mutantes resistentes seleccionados en laboratorio pueden no sobrevivir en campo, presumiblemente por su bajo nivel de adaptabilidad. Por su parte, Joseph y Coffey (1984) encontraron que la adaptabilidad *in vivo* de un mutante resistente fue igual de alta en comparación con la cepa progenitora.

Davidse *et al.* (1983) observó que no había pérdida de la adaptabilidad con aislamientos de *P. infestans* resistentes al metalaxil, concluyendo que el desarrollo de la resistencia al metalaxil no influye necesariamente en una pérdida de la adaptabilidad del patógeno.

Por otro lado Dekker (1982) indica que mutantes resistentes pueden exhibir más baja adaptabilidad con relación a su hospedero, aunque tal reducción de la adaptabilidad no fue encontrada en Oomycetos resistentes a la fenilamida (Cohen y Coffey, 1986; Crute, 1987).

Gullino *et al.* (1986) encontraron que cepas de *R. solani* resistentes al iprodione, pencycuron y tolclofos-metil mostraron un decremento en la virulencia en comparación con cepas susceptibles y que bajo condiciones de invernadero las cepas resistentes mostraron una reducción en su habilidad para desarrollarse como saprófitos del suelo. Por las características observadas al parecer las cepas resistentes de *R. solani* no son muy adaptables.

Lalancette *et al.* (1987) demostraron en estudios de campo que las lesiones de poblaciones de *V. inaequalis* resistentes al benomilo no se incrementaron cuando se utilizaron bajas dosis del producto. También observaron un efecto significativo del mancozeb en disminuir el incremento de la resistencia al benomilo cuando se utilizaron juntos.

Martin *et al.* (1984) indican que en los bioensayos *in vitro* las respuestas con patógenos pueden ser diferentes a lo observado *in vivo*. Sugieren que los resultados indican solo efectos directos del fungicida con el patógeno evaluado y que los datos pueden estar no correlacionados con la enfermedad producida en el patosistema.

Staub *et al.* (1979) observaron que aunque algunos aislamientos de *P. infestans* fueron resistentes al metalaxil *in vitro*, estos se comportaron completamente susceptibles *in vivo*.

Delp y Klopping (1968) observaron que el PCNB no fue efectivo en el control de *R. zae*, aunque estos aislamientos se comportaron como moderadamente susceptibles *in vitro*. Van der Hoeven y Bollen (1980) reportaron que el daño de *R. cerealis* aumentó al aplicarse benomilo, aunque las cepas habían presentado sensibilidad al tóxico *in vitro*.

Ogawa *et al.* (1977) mencionan que la relación entre los estudios genéticos en laboratorio y la resistencia en campo aún no ha sido establecida, aunque sí nos da un indicativo del potencial de un problema de resistencia en campo.

Peever y Milgroom (1994) indican que en patógenos con reproducción asexual como *R. solani* se observó que la correlación más apropiada para medir la adaptabilidad y la resistencia a fungicidas era una correlación solo “entre cepas”. Estas correlaciones no indican específicamente si la pérdida de adaptabilidad está asociada con genes particulares de resistencia. Sin embargo, sí nos muestran una relación entre la adaptabilidad y la resistencia con los clones del patógeno en una población dada.

En la mayoría de los modelos de la evolución en la resistencia a un fungicida se ha supuesto que la pérdida de adaptabilidad está asociada con los genes de resistencia. (Chin, 1987; Milgroom *et al.*, 1989; Shaw, 1989). Aunque se ha especulado mucho en la

literatura, las evidencias disponibles son escasas y más bien contradictorias. Por ejemplo, algunos estudios han demostrado pérdida de adaptabilidad asociada con la resistencia. (De Waard *et al.*, 1982; Miyagi *et al.*, 1986; Webber, 1988; Nuninger-Ney *et al.*, 1989; Hsiang y Chastagner, 1991), mientras otros investigadores no han encontrado esta asociación (Smilanick y Eckert, 1986; Crute y Harrison, 1988; Kalamarakis *et al.*, 1989; Lasseron-de Falandre *et al.*, 1991).

Peever y Milgroom (1993) encontraron que altas frecuencias de cepas de *Pyrenophora teres* resistentes al triadimenol habían sido encontradas aún en poblaciones donde este producto nunca se había aplicado. En estudios posteriores (1994) estos autores encontraron que no existían evidencias de correlación entre la pérdida de adaptabilidad con la resistencia en cepas de *P. teres* resistentes al triadimenol.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de Fitopatología y cámaras bioclimáticas del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro durante el periodo de 1996 a 1998, una vez realizadas las colectas del hongo de tubérculos infectados.

Colecta de Material Dañado por *Rhizoctonia*

Se colectaron tubérculos con síntomas y signos por daño de *Rhizoctonia*. de las regiones productoras de Arteaga y Emiliano Zapata, Coahuila; Galeana y Navidad, Nuevo León; López y Allende, Chihuahua; Toluca, Estado de México y San Francisco del Rincón, Guanajuato. Los aislamientos de las cepas se obtuvieron de esclerocios encontrados en la superficie de los tubérculos. Las muestras se colocaron en bolsas de un kilogramo y se etiquetaron con el nombre de la localidad, superficie sembrada, variedad, propietario y fecha de colecta. El material colectado se trasladó al laboratorio de Fitopatología del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro donde se procedió al aislamiento e identificación del hongo. Las cepas se designaron según su lugar de origen como se enlista enseguida:

ATC = Arteaga, Coahuila

EZC = Emiliano Zapata, Coahuila

GNL = Galeana, Nuevo León

NNL = Navidad, Nuevo León

LCH = López, Chihuahua

ACH = Allende, Chihuahua

GTO = San Francisco del Rincon, Guanajuato

AVT = Aculco, Toluca, Estado de México

RB1 = Arteaga, Coahuila (*Rhizoctonia* binucleada)

RB2 = Arteaga, Coahuila (*Rhizoctonia* binucleada)

Aislamiento e Identificación de las Especies de *Rhizoctonia*

Aislamiento

Las muestras se lavaron con agua corriente. Para la desinfección del material se trataron en una solución de hipoclorito de sodio al 3 por ciento durante un minuto, posteriormente se lavaron tres veces en agua destilada estéril para eliminar excesos del desinfectante. Con ayuda de un estereoscopio de disección se tomaron esclerocios de la superficie de los tubérculos bajo condiciones de cámara de flujo laminar y se sembraron en medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA) acidificado. Una vez etiquetadas las cajas petri se incubaron a temperatura de $22 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 48 horas. Al cabo de este tiempo se purificaron las cepas por puntas de hifas y se volvieron a incubar a la temperatura

señalada anteriormente. Cada cepa fue incrementada y conservada en cajas petri con medio PDA para su posterior identificación.

Identificación

La identificación del hongo se realizó para la comprobación del género y especie de cada una de las cepas. Para la identificación de los aislamientos fue necesario el teñido de hifas jóvenes con safranina para facilitar el conteo de núcleos y medición del diámetro de hifas. Las observaciones se realizaron en el microscopio compuesto con el objetivo 100X.

Las características bajo observación fueron: número de núcleos en hifas jóvenes con tres días de crecimiento; a las dos semanas se observó el tipo de crecimiento y el color del micelio y a las cuatro semanas caracterización de forma, tamaño y color de esclerocios, además se observó la ubicación del septo, la constricción en la ramificación cercana al punto de origen y verificación de ausencia de conidias.

Conteo de Núcleos

Para el conteo de núcleos se procedió a preparar la solución recomendada por Sneh *et al.* (1991), la cual consistió en mezclar seis ml de safranina al 5 por ciento 10 ml de KOH al 3 por ciento 5 ml de glicerina y 79 ml de agua destilada estéril. Cada una de las cepas tratadas se colocaron en un portaobjetos con una gota de la solución preparada.

La observación se realizó al azar en microscopio compuesto contando los núcleos de las hifas jóvenes. El conteo se realizó con el objetivo de 100X en aceite de inmersión con cinco repeticiones por cepa, previa calibración del micrómetro con el ocular.

Diámetro de Hifas

Para medir el diámetro de hifas se realizó un montaje en portaobjetos, preparándose con una gota de safranina preparada para realizar posteriormente la medición con un micrómetro en el microscopio compuesto y con el objetivo de aumento de 100X en aceite de inmersión. Se midieron cinco puntos al azar en hifas apicales jóvenes, posteriormente se calculó el promedio para cada una de las cepas.

Caracterización del Micelio

Para la caracterización de micelio se realizaron siembras en PDA acidificado, se incubaron a 22°C durante dos semanas donde se observó para cada uno de los aislamientos el tipo de crecimiento; para la caracterización del color del micelio se empleó el manual "Munsell Soil Color" de Charts de 1975.

Caracterización de Esclerocios

Para la determinación de las características de esclerocios se observaron cepas con cuatro semanas de crecimiento. Se midieron cinco esclerocios tomados al azar para

cada aislamiento. La medición se llevó a cabo con un vernier de precisión. El color de los esclerocios se determinó tomando el mismo criterio que para la caracterización del color de micelio. Para la determinación de la morfología de esclerocios se procedió a la observación en microscopio compuesto con aumento de 10X o bien en el estereoscopio de disección según el tamaño mostrado.

Incremento de las Cepas

Previamente identificadas cada una de las cepas se procedió al incremento de los aislamientos por medio de punta de hifa, para lo cual se tomó el punto de crecimiento de la hifa joven, y se incubó a temperatura de $22 \pm 2^\circ \text{C}$.

Pruebas de Sensibilidad a Fungicidas

Preparación del Medio de Cultivo

El PDA se esterilizó por el método de vapor húmedo utilizando una olla de presión. El tiempo de esterilización fue de 15 min y a una presión de 15 lib/pulg. Se dejó enfriar el medio a temperatura ambiente y al bajar aproximadamente a los $40-45^\circ \text{C}$ se le añadieron 25 gotas de ácido láctico por litro de medio y cada una de las concentraciones de fungicidas correspondientes a cada tratamiento.

Preparación de Diluciones

Estas se realizaron para todos los fungicidas excepto para el pencycuron, el cual se añadió directamente al medio previamente pesadas las dosis para cada tratamiento. Para las diluciones se utilizó agua destilada estéril y pipetas de capacidad de 0.1, 1, 5 y 10 ml todo previamente esterilizado. Las mezclas se realizaron en una parrilla eléctrica, con la ayuda de un magneto con la finalidad de homogeneizar el fungicida en el PDA.

Siembra de las Cepas

Una vez solidificado el medio de cultivo a las 12 hr se procedió a sembrar las cepas en cada uno de los tratamientos. Se tomaron explantes con un sacabocados de 3 mm de diámetro y se colocaron en el centro de la caja petri con medio de cultivo. Previamente etiquetadas las cajas, fueron selladas. La incubación se llevó a cabo en las cámaras bioclimáticas a 22°C por espacio de 96 hr, tiempo en que se llevó a cabo la medición para la obtención del por ciento de inhibición y poder estimar el efecto de los fungicidas.

Variables Evaluadas

La variable a evaluar fue por ciento de inhibición, esta se calculó con la siguiente fórmula:

% de inhibición= 100 (testigo) – % crecimiento miceliano

El porcentaje de crecimiento miceliano se calculó tomando en cuenta el $\bar{x}$ de tres cajas petri. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$\% \text{ crecimiento miceliano} = \frac{\text{crecimiento del tratamiento} \times 100 \%}{\text{crecimiento del testigo}}$$

La medición del crecimiento del hongo se llevó a cabo a contraluz con un vernier de precisión y tomando la medida del diámetro en forma cruzada.

Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar, utilizando tres cajas de petri para cada dosis. El estudio de los cinco fungicidas se realizó con todas las cepas obtenidas y a diferentes concentraciones (Cuadro 3.1)

El análisis de datos (por ciento de inhibición) se realizó en un programa estadístico de PROBIT[®] computarizado, para obtener los coeficientes de inhibición (CI_{50} y CI_{90}), límites fiduciales y la obtención de las líneas de respuesta dosis - inhibición. Con los CI se obtuvieron los factores de resistencia (FR) para cada cepa.

CUADRO 3.1 Fungicidas y concentraciones empleadas para determinar los niveles de tolerancia de *R. solani* y *R. cerealis* a diferentes fungicidas.

NOMBRE COMUN	NOMBRE COMERCIAL	GRUPO TOXICOLOGICO	CONCENTRACIONES (mg/l)
PCNB	Pentaclor	Clorados	0, 0.5, 1, 5, 10, 15, 20, 50, 70, 90, 100
pencycuron	Monceren	Fenilureas	0, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 3, 5, 10, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 1500, 2000
tiabendazol	Tecto 60	Bencimidazoles	0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 0.7, 0.85, 1, 3, 5, 7, 10
iprodione	Rovral 50	Heterocíclicos	0, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 0.7, 1, 2, 4, 5, 10, 15
fludioxonil	Maxim	Fenilpirroles	0, 0.01, 0.05, 0.08, 1, 5, 10, 25, 50, 80, 100, 150, 200, 300

Determinación del Factor de Resistencia

El factor de resistencia (FR) se calculó con los valores de la CI_{50} y CI_{90} de la cepa en estudio, en relación con la CI_{50} y CI_{90} de la cepa susceptible reportada en la literatura revisada. Con estos valores se pudo inferir el número de veces que una cepa es más sensible o tolerante que otra, en cada fungicida evaluado. Valores debajo de la unidad, indican que las cepas en estudio se encuentran dentro de los rangos establecidos por otros autores y valores arriba de la unidad, indican ciertos niveles de tolerancia de acuerdo a los valores reportados. Las fórmulas utilizadas fueron las siguientes:

$$FR = \frac{CI_{50} \text{ cepa en estudio}}{CI_{50} \text{ cepa susceptible (referencia de la literatura)}}$$

$$FR = \frac{CI_{90} \text{ cepa en estudio}}{CI_{90} \text{ cepa susceptible (referencia de la literatura)}}$$

Estas fórmulas se utilizaron para comparar el nivel de resistencia de las cepas en estudio contra las susceptibles que se reportan en la literatura mundial, utilizando la CI_{50} , o la CI_{90} de acuerdo a como lo reportan distintos investigadores. Las líneas de respuesta dosis-inhibición de todas las cepas juntas, se realizaron en papel logaritmo con el fin de comparar tendencias.

Adaptabilidad de la Cepas

Las pruebas de adaptabilidad se llevaron a cabo durante los meses de enero a abril de 1998 en las cámaras bioclimáticas del Departamento de Parasitología de la Universidad.

Esterilización de Suelo

Se colectaron 200 kg de suelo de la región papera de Huachichil, municipio de Arteaga, Coahuila, se esterilizó con bromuro de metilo dejando la tierra cubierta con plástico por 48 hr y se dejó orear por 12 hr removiendo el suelo con una pala desinfectada con cloro al 10 por ciento. Después se procedió al llenado de macetas de plástico de polietileno negro de cinco kg de capacidad. Se llenaron tres macetas para cada tratamiento incluyendo el testigo

Incremento del Inóculo

El inóculo se incrementó en PDA incubándose por cinco días a 24°C. Se prepararon cuatro petri de cada cepa, éstas se licuaron en tres lt de agua destilada estéril y enseguida se homogeneizó en 12 kg de suelo estéril, utilizándose dos cajas Petri de inóculo por maceta de cuatro kg.

Siembra de Tubérculos e Inoculación

Se utilizaron tubérculos variedad Alpha. Se desinfectaron en formaldehído al dos por ciento por cinco min y se dejaron orear bajo condiciones de laboratorio por 48 hr antes de la siembra. El hongo se inoculó al suelo llenándose las macetas con este y se dejó por 24 hr. Posteriormente, se colocaron los tubérculos con cuatro brotes de 2 ± 1 mm en los tratamientos y el testigo. El riego se realizó con agua estéril, el primero fue al momento de la siembra depositándose un lt por maceta; los demás riegos se realizaron una vez por semana con 500 ml de agua estéril.

Incubación

Esta se realizó bajo condiciones controladas en una cámara bioclimática durante 45 días. La temperatura media diaria fue entre 18-20°C, con un fotoperíodo de 12 hr luz y una humedad relativa al 80-90 por ciento. Cumplido este período se procedió a la

evaluación, sacando completamente la planta para realizar la toma de datos de daño en tallos, raíces y tubérculo.

Diseño Experimental

El experimento se llevó a cabo bajo un diseño completamente al azar con 11 tratamientos incluyendo el testigo y con tres repeticiones por tratamiento (Cuadro 3.2).

CUADRO 3.2 Cepas utilizadas para estudiar la adaptabilidad de *R. solani* y *R. cerealis*. sobre plantas de papa variedad Alpha

TRATAMIENTOS	
CEPAS ^A	REGION
ATC	Arteaga, Coahuila
EZC	Emiliano Zapata, Coahuila
NNL	Navidad, Nuevo León
GNL	Galeana, Nuevo León
LCH	López Chihuahua
ACH	Allende, Chihuahua
GTO	San Francisco del Rincón
AVT	Aculco, Toluca, Edo de Mex.
RB1	Arteaga, Coahuila
RB1	Arteaga, Coahuila
TEST.	(TESTIGO SIN INOCULAR)

^A RB pertenecen a *R. cerealis*, las demás cepas son *R. solani*.

Cabe mencionar que la cepa ATC fue ligeramente tolerante al iprodione, la cepa ACH ligeramente tolerante al PCNB y las cepas RB1 y RB2 fueron tolerantes al iprodione y al pencycuron

Variables Evaluadas

Para evaluar la patogenicidad, necesaria para conocer el valor adaptativo se tomó en cuenta la incidencia y severidad de la enfermedad. Para la incidencia se determinó el número de tallos con lesión. Este componente de la adaptabilidad fue expresada como por ciento de tallos dañados por el hongo y transformada por la fórmula arco seno $\sqrt{X+1}$ (Snedecor y Cochran, 1970).

Para el componente severidad, se consideró la escala propuesta por Carling y Leiner (1990). Esta comprende:

- 0 = Tallos sanos (sin daño aparente, ni lesiones)
- 1 = Tallos con daño menor, una o varias lesiones menores de 5 mm
- 2 = Tallos con daño intermedio, lesiones mayores de 5 mm y cercanos a los brotes
- 3 = Tallos con daño mayor, lesiones largas presentando pudrición y muerte de raíces
- 4 = Todos los tallos presentan pudrición y muerte o no presenta raíces
- 5= Brotes inhibidos

Prueba Estadística

Para el presente trabajo se utilizaron diferentes pruebas estadísticas, tanto paramétricas como no paramétricas

Para la prueba de hipótesis y la comparación de los tratamientos de incidencia se utilizó un diseño experimental completamente al azar utilizando para la comparación de medias la prueba de rango múltiple de Duncan al cinco por ciento de significancia (Snedecor Cochram, 1970).

Para la prueba de hipótesis y el análisis de los datos de severidad se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, debido a la suposición de que tanto la normalidad, así como la homogeneidad de varianzas podría no cumplirse, por lo que se tomó la alternativa de utilizar esta prueba no paramétrica (Ramírez y Quito, 1993). La prueba de Kruskal-Wallis se utilizó para analizar la comparación de k muestras independientes donde $k \geq 2$. La prueba consiste en comparar k muestras aleatorias obtenidas de cada una de las k posibles poblaciones.

La estadística de la prueba depende únicamente del conocimiento del número de observaciones por arriba y por abajo de la mediana, debiéndose asignar rangos a todas las observaciones del experimento analizado (Ramírez y Quito, 1993).

La prueba de hipótesis de Kruskal-Wallis se basa en los siguientes supuestos:

- a) Todas las muestras son muestras aleatorias de sus respectivas poblaciones
- b) Además de la independencia de cada muestra, debe haber independencia entre muestra.
- c) Todas las variables aleatorias X_{ij} son continuas.
- d) La escala de medida es al menos ordinal.
- e) Se asume que el modelo básico es: $X_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$

La estadística de prueba fue obtenida asignando rangos a cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones en los valores de severidad, se asignó el rango 1 a la observación más pequeña de las N observaciones ordenadas, el rango 2 a la siguiente observación más pequeña y así sucesivamente hasta cubrir todas las observaciones.

La estadística de prueba (T_o) si es mayor en comparación con los valores de chi-cuadrada al 0.05 de significancia que muestra diferencia significativa entre los tratamientos, permite seguir el procedimiento de comparaciones múltiples de Dunn, basadas en el procedimiento de Kruskal-Wallis, esto con el fin de detectar cual o cuáles tratamientos fueron diferentes. Para establecer esta decisión en los tratamientos contrastados se utilizó la siguiente fórmula:

$$(R_u - R_v) \geq \{ z(1-\alpha/(k(k-1))) \sqrt{N(N+1)/12} (1/u_n + 1/n_v)^{0.5} \}$$

Verificación de Cepas Inoculadas

De todas las plantas dañadas se realizó un reaislamiento del hongo para verificar las pruebas de caracterización citomorfológica del hongo y verificar el cumplimiento de los postulados de Koch.

RESULTADOS

Identificación de Especies de *Rhizoctonia*.

Considerando las características morfológicas y fenotípicas y de acuerdo a las claves de identificación de especies señaladas por Sneh *et al.* (1991), se identificaron algunas cepas como *Rhizoctonia solani*, mientras que otras cepas se identificaron como *Rhizoctonia cerealis*.

Conteo de Núcleos

Las hifas de los aislamientos estudiados se caracterizaron por presentar en promedio 16 núcleos por célula para *R. solani* y un promedio de 1.9 para *R. cerealis*. (Cuadro 4.1).

Diámetro de Hifas

El diámetro de las hifas de los aislamientos para *R. solani* varió de 9.5 μ a 12.4 μ , mientras que para *R. cerealis* fue de 4.5 μ a 5.3 μ (Cuadro 4.1).

CUADRO 4.1 Características morfológicas y fenotípicas de especies de *R. solani* y *R.*

CUADRO 4.1 Características morfológicas y fenotípicas de especies de *R. solani* y *R. cerealis*.

CEPA	NUMERO DE NÚCLEOS ¹	DIAMETRO DE HIFA ¹ (micras μ)	COLOR DE MICELIO	TIPO DE CRECIMIENTO	PRESENCIA DE ESCLEROCIOS	DIAMETRO DE ESCLEROCIOS ¹ (mm)
ATC	16.8	9.5	Café-castaño	Rastrero- irregular	SI	3.2
EZC	17.2	11.2	Café-castaño	Rastrero- irregular	SI	3.0
NNL	14.8	10.0	Café-dorado	Rastrero- irregular	SI	2.8
GNL	15.2	11.2	Café	Rastrero- irregular	SI	3.1
LCH	15.8	12.2	Café	Rastrero- irregular	SI	2.9
ACH	17.2	9.6	Café	Rastrero- irregular	SI	2.5
GTO	16.8	11.2	Café	Rastrero- irregular	SI	3.0
AVT	14.5	12.4	Café	Rastrero- irregular	SI	3.3
RB1	1.8	4.5	Blanco-dorado	Algodonoso-uniforme	Falsos esclerocios	0.75
RB2	2.0	5.3	Blanco-dorado	Algodonoso-uniforme	Falsos esclerocios	1.2

¹ Promedio de cinco observaciones

Caracterización de Micelio

Color Micelial

Los aislamientos estudiados mostraron un color de café-castaño a café dorado para *R. solani*, mientras que *R. cerealis* presentó un color blanco-dorado, a los 14 días de crecimiento (Cuadro 4.1).

Tipo de Crecimiento

El tipo de crecimiento del micelio se presentó de manera ligeramente no uniforme y de tipo rastrero para *R. solani*, mientras que el crecimiento para *R. cerealis* fue uniforme y tipo algodonoso (Cuadro 4.1).

Caracterización de Esclerocios

Para los aislamientos de *R. solani* el color de los esclerocios fueron de café-castaño, café-oscuro, grisáceos y negros, mientras que en *R. cerealis* no hubo formación de esclerocios verdaderos, sino aglomerados de células moniloides (Cuadro 4.1).

Tamaño de Esclerocios

El diámetro de los esclerocios para *R. solani* fue de 2.9 mm mientras que para *R. cerealis* fue de 0.97 mm (Cuadro 4.1).

De acuerdo a las características anteriormente descritas, las cepas fueron identificadas como sigue:

Rhizoctonia solani Kühn (teleomorfo, *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk)

EZC.- Emiliano Zapata, Coahuila.

ATC.- Arteaga, Coahuila.

NNL.- Navidad, Nuevo León

GNL.- Galeana, Nuevo León.

ACH.- Allende, Chihuahua.

LCH.- López, Chihuahua.

GTO.- San Francisco del Rincón, Guanajuato.

AVT.- Toluca, Estado de México.

Rhizoctonia cerealis Van der Hoeven (teleomorfo, *Ceratobasidium graminearum*)

RB1.- Huachichil, Mpio. de Arteaga, Coahuila

RB2.- Huachichil, Mpio de Arteaga, Coahuila

Estudio de Sensibilidad a Fungicidas

Como se mencionó en el capítulo de Materiales y Métodos, todos los aislamientos purificados por punta de hifa fueron sometidos a diferentes dosis de los fungicidas evaluados, obteniendo el por ciento de inhibición para cada cepa evaluada. Con los valores de CI_{50} y CI_{90} obtenidos, se calculó el factor de resistencia (FR) para cada cepa en cada uno de los fungicidas en estudio. A continuación se describen los resultados obtenidos.

Estudios con tiabendazol

La CI_{50} para *R. solani* con este fungicida varió de 1.08 para NNL a 2.27 mg/lit para la cepa de ACH (Cuadro 4.2), mientras que para *R. cerealis* la CI_{50} varió de 1.65 a 1.81 mg/lit.

Cuadro 4. 2 Valores de la CI_{50} , CI_{90} y Factor de Resistencia (FR) de *R. solani* y *R. cerealis* obtenidos en las pruebas con tiabendazol.

CEPA ^a	CI_{50} (mg/lit)	FR ^b	CEPA ^a	CI_{90} (mg/lit)	FR
ACH	2.27	.-	AVT	9.65	0.965
GTO	2.21	.-	GTO	8.85	0.885
ATC	1.95	.-	LCH	8.40	0.840
RB1	1.81	.-	EZC	8.05	0.805
LCH	1.69	.-	ACH	7.85	0.785
RB2	1.65	.-	ATC	7.29	0.729
AVT	1.56	.-	RB2	5.04	0.720
EZC	1.48	.-	GNL	6.99	0.699
GNL	1.38	.-	RB1	4.19	0.598
NNL	1.08	.-	NNL	5.08	0.508
CR <i>R. solani</i>^c				10.0	
CR <i>R. cerealis</i>^c				7.0	

^a Las cepas RB son *R. cerealis*, Las CR son las de referencia y el resto son *R. solani*

^b No se encontraron cepas de referencia en la literatura

^c Valores propuestos por Leach y Murdoch. (1985).

La CI_{90} varió de 4.19 a 9.65 mg/lt. En *R. solani* se obtuvieron valores de 5.08 mg/lt para NNL a 9.65 mg/lt para AVT, mientras que para *R. cerealis* la CI_{90} varió de 4.19 a 5.04 mg/lt.

El FR para *R. solani* a partir de la CI_{90} en todas las cepas evaluadas fué menor de uno, donde el valor más alto correspondió a AVT (0.965) y el valor más bajo a NNL (0.508). Para *R. cerealis* el FR fue menor de 0.720. Los valores de las CI_{90} de las cepas de referencia se tomaron según lo reportado por Leach y Murdoch (1985).

Estudios con iprodione

La CI_{50} con este fungicida varió de 0.55 a 4.25 mg/lt (Cuadro 4.3). Para las cepas de *R. solani* varió de 0.55 mg/lt para NNL a 1.15 mg/lt para ATC, mientras que para *R. cerealis* la CI_{50} varió de 3.74 a 4.25 mg/lt.

La CI_{90} varió de 4.73 a 14.75 mg/lt. En *R. solani* se obtuvieron valores de 4.73 mg/lt para NNL a 14.86 mg/lt para ATC, mientras que para *R. cerealis* la CI_{90} varió de 13.57 a 14.75 mg/lt.

Los valores del FR obtenidos a partir de la CI_{90} nos muestra que los valores más altos encontrados fueron para las cepas de *R. cerealis* con un FR de 3.39 y 3.68, mientras que para *R. solani* el valor más alto fué para la cepa de Arteaga, Coahuila (ATC= 1.48);

los demás valores fueron inferiores a la unidad. El FR de las cepas de *R. cerealis* con respecto a la cepa más sensible de *R. solani* fue en relación de 7.7 veces más tolerante

Cuadro 4.3 Valores de CI_{50} , CI_{90} y Factor de Resistencia (FR) de *R. solani* y *R. cerealis* obtenidos en las pruebas con iprodione.

CEPA ^a	CI_{50} mg/lt	FR ^b	CEPA ^a	CI_{90} mg/lt	FR
RB1	4.25	.-	RB1	14.75	3.69
RB2	3.74	.-	RB2	13.57	3.39
ATC	1.15	.-	ATC	14.86	1.486
EZC	0.97	.-	AVT	9.73	0.973
LCH	0.93	.-	GTO	9.54	0.954
GTO	0.88	.-	ACH	9.35	0.935
ACH	0.68	.-	GNL	8.31	0.831
GNL	0.65	.-	LCH	6.48	0.648
AVT	0.64	.-	EZC	5.73	0.573
NNL	0.55	.-	NNL	4.73	0.473
CR <i>R. solani</i>				10.0	
CR <i>R. cerealis</i>				4.0	

^a Las cepas RB son *R. cerealis*, Las **CR** son las de referencia y el resto son *R. solani*

^b No se encontraron cepas de referencia en la literatura

^c Valores propuestos por Kataria *et al.* (1991). Olaya y Abawi (1992)

Estudio con PCNB

La CI_{50} con este fungicida varió de 3.21 a 30.18 mg/lt (Cuadro 4.4). Para las cepas de *R. solani* varió de 3.21 mg/lt para LCH a 28.45 mg/lt para ATC, mientras que para *R. cerealis* la CI_{50} varió de 20.66 a 30.18 mg/lt.

Cuadro 4.4 Valores de CI_{50} , CI_{90} y Factor de Resistencia (FR) de *R. solani* y *R. cerealis* obtenidos en las pruebas con PCNB.

CEPA ^a	CI_{50} (mg/lt)	FR	CEPA ^a	CI_{90} (mg/lt)	FR
RB2	30.18	0.603	ACH	671.39	1.342
ATC	28.45	0.569	ATC	493.77	0.987
ACH	27.24	0.544	GNL	353.18	0.706
RB1	20.66	0.413	GTO	298.8	0.597
GTO	15.79	0.316	NNL	226.77	0.453
AVT	10.53	0.321	RB2	175.02	0.350
GNL	10.47	0.209	RB1	143.39	0.286
EZC	10.11	0.202	EZC	105.52	0.211
NNL	4.65	0.093	AVT	93.66	0.187
LCH	3.21	0.064	LCH	38.31	0.056
RC <i>R. solani</i>^b	50		CR <i>R. solani</i>^b	500	
RC <i>R. cerealis</i>^b	50		CR <i>R. cerealis</i>^b	500	

^a Las cepas RB son *R. cerealis*, Las CR son las de referencia y el resto son *R. solani*

^b Valores propuestos por Martin *et al.* (1984).

La CI_{90} para *R. solani* varió de 38.31 mg/lt para LCH a 671.39 mg/lt para ACH, mientras que para *R. cerealis* la CI_{90} varió de 143.39 a 175.02 mg/lt.

Los valores de FR obtenidos con el PCNB y considerando la CI_{50} nos muestra que los valores más altos encontrados fueron para las cepas de *R. cerealis* con un FR de 0.569 a 0.603, mientras que el FR a partir de la CI_{90} , el valor más alto correspondió a la cepa de Allende, Chihuahua (ACH) con un FR de 1.342 todas las demás cepas tuvieron un FR menor de 0.987.

Estudio con pencycuron

La CI_{50} con este fungicida varió de 0.002 a 480 mg/lt (Cuadro 4.5). Para las cepas de *R. solani* varió de 0.002 mg/lt para NNL a 0.045 mg/lt para GTO, mientras que para *R. cerealis* la CI_{50} varió de 370 a 480 mg/lt.

La CI_{90} varió de 0.13 a 1582.9 mg/lt. En *R. solani* se obtuvieron valores de 0.13 mg/lt para LCH a 1.14 mg/lt para ACH, mientras que para *R. cerealis* la CI_{90} varió de 1256 a 1582.9 mg/lt.

Los valores del FR obtenidos a partir de la CI_{90} nos muestra que los valores más altos encontrados fueron para las cepas de *R. cerealis* con un FR de 12.56 y 15.83, mientras que para *R. solani* todos los valores fueron inferiores a la unidad. El FR de las cepas de *R. cerealis* con respecto a la cepa más sensible de *R. solani* (LCH=0.002 mg/lt) fué en relación de 185000 a 240000 veces más tolerante.

Cuadro 4.5 Valores de CI_{50} , CI_{90} y Factor de Resistencia (FR) de *R. solani* y *R. cerealis* obtenidos en las pruebas con pencycuron.

CEPA ^a	CI_{50} mg/lt.	FR ^b	CEPA ^a	CI_{90} mg/lt	FR
RB2	480	.-	RB2	1582.9	15.83
RB1	370	.-	RB1	1256	12.56
GTO	0.045	.-	ACH	1.14	0.126
ACH	0.038	.-	GTO	0.99	0.110
ATC	0.035	.-	AVT	0.67	0.074
GNL	0.017	.-	GNL	0.41	0.045
LCH	0.015	.-	EZC	0.38	0.042
AVT	0.010	.-	NNL	0.36	0.040
EZC	0.003	.-	ATC	0.23	0.025
NNL	0.002	.-	LCH	0.13	0.014
CR <i>R. solani</i>^c				9.0	
CR <i>R. cerealis</i>^c				100	

^a Las cepas RB son *R. cerealis*, Las **CR** son las de referencia y el resto son *R. solani*

^b No se encontraron cepas de referencia en la literatura

^c Valores propuestos por Kataria *et al.* (1991).

Estudio con fludioxonil

La CI_{50} con este fungicida varió de 0.016 a 0.1488 mg/lt (Cuadro 4.6). Para las cepas de *R. solani* varió de 0.016 mg/lt para ATC a 0.0226 mg/lt para EZC, mientras que para *R. cerealis* la CI_{50} varió de 0.1364 a 0.1488 mg/lt.

La CI_{90} varió de 0.063 a 0.62 mg/lt. En *R. solani* se obtuvieron valores de 0.063 mg/lt para LCH a 0.09 mg/lt para ACH, mientras que para *R. cerealis* la CI_{90} varió de 0.59 a 0.62 mg/lt.

El FR para todas la cepas evaluadas fue menor que la unidad. Los valores más altos fueron para *R. cerealis* con valores de 0.59 a 0.62. Mientras que para *R. solani* el FR más alto fue de 0.09 Las cepas de *R. cerealis* fueron en promedio de 8.52 a 9.3 veces menos sensibles que las cepas de *R. solani* (cuadro 4.6).

Cuadro 4.6 Valores de CI_{50} , CI_{90} y Factor de Resistencia (FR) de *R. solani* y *cerealis* obtenidos en las pruebas con el fludioxonil.

CEPA ^a	CI_{50} (mg/lt)	FR ^b	CEPA ^a	CI_{90} (mg/lt)	FR
RB2	0.1488	.-	RB2	0.62	0.62
RB1	0.1364	.-	RB1	0.59	0.59
EZC	0.0226	.-	ACH	0.09	0.09
ACH	0.022	.-	GNL	0.08	0.08
LCH	0.0212	.-	EZC	0.077	0.077
NNL	0.0197	.-	NNL	0.075	0.075
GNL	0.0184	.-	GTO	0.073	0.073
GTO	0.0184	.-	AVT	0.071	0.071
AVT	0.0182	.-	ATC	0.064	0.064
ATC	0.016	.-	LCH	0.063	0.063
			CR <i>R. solani</i> ^c	1.0	
			CR <i>R. cerealis</i> ^c	1.0	

^a Las cepas RB son *R. cerealis*, Las CR son las de referencia y el resto son *R. solani*

^b No se encontraron cepas de referencia en la literatura

^c Valores propuestos por Olaya *et al.* (1994).

Adaptabilidad de la Cepas

Incidencia

La patogenicidad de *R. solani* y *R.* en tallos y raíz de papa de la variedad Alpha se determinó a los 45 días después de la siembra. Los resultados muestran que ambas especies fueron capaces de causar daño en tallos y tubérculos de papa (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7 Análisis estadístico de la Incidencia de *R. solani* y *R. cerealis* inoculadas en papa variedad Alpha, bajo condiciones controladas (sin fungicida).

CEPA	INCIDENCIA ^a (% de tallos afectados)	
	DATOS ORIGINALES	DATOS TRANSFORMADOS ^{b, c}
NNL	100	10.025 A
EZC	100	10.025 A
GNL	100	10.025 A
GTO	100	10.025 A
ATC	88.89	9.276 A
RB2	82	9.052 A
LCH	80	8.622 A
RB1	75	8.083 A
ACH	50	7.78 A
AVT	38	4.973 A B
TESTIGO	0	0.707 B

^a Promedio de tres repeticiones, expresado en por ciento

^b Datos transformados por la fórmula $\sqrt{X+1}$

^c Valores seguidos de la misma letra son considerados estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de medias de Duncan al 5 por ciento.

La incidencia de la enfermedad varió de 0 en el testigo a 100 por ciento en cepas como; GNL, NNL, EZC y GTO (Cuadro 4.7). En este sentido la prueba de medias indica que todas las cepas presentaron una incidencia estadísticamente similar entre sí, siendo el testigo sin inocular el único tratamiento diferente. Por lo tanto, se considera que todas las cepas evaluadas tienen la misma capacidad de incidir y causar síntomas de la enfermedad en los tallos de papa, independientemente de la especie.

Severidad

De acuerdo a la escala de severidad propuesta por Carling y Leiner (1985), se presentó diferencia en los valores en los aislamientos estudiados. En el testigo sin inocular se observó un valor de 0 (cuadro 4.8), mostrándose las cepas NNL y GNL de la región de Nuevo León con los más altos valores de severidad (valor=5). Cabe mencionar que la mayoría de las cepas tuvieron al menos en una o dos de sus repeticiones valores de severidad entre 4 a 5.

De acuerdo a la prueba de Kruskal-Wallis la T calculada ($T_o=24.486$) supera la T de tablas al 0.01 de significancia (21.66) por lo que la prueba resultó significativa.

La prueba de diferencia de tratamientos por comparación múltiple de Dunn indica estadísticamente que las cepas GNL, NNL presentaron niveles de severidad superiores a la cepa AVT y al testigo. Cuatro cepas (EZC, RB2, GTO y LCH) presentaron niveles de

severidad similares entre sí, pero diferentes al testigo y a las demás cepas (ATC, ACH y RB1) fueron iguales a las demás incluyendo al testigo (Cuadro 4.8).

Cuadro 4.8 Prueba de comparaciones múltiples de Dunn de las cepas de *R. solani* y *R. cerealis* para el factor severidad en papa variedad Alpha en la prueba de Kruskal-Wallis

ESPECIE	CEPAS	REPETICIONES			VALOR DE SEVERIDAD	CONTRASTES
		I	II	III		
<i>R. solani</i>	1.- GNL	5	5	5	5	1-10 *
<i>R. solani</i>	2.- NNL	5	5	5	5	1-11 *
<i>R. solani</i>	3.- EZC	5	4.67	4.67	4.78	2-10 *
<i>R. solani</i>	4.- ATC	4	4.67	3.75	4.14	2-11 *
<i>R. solani</i>	5.- LCH	5	4.67	3	4.2	3-11 *
<i>R. solani</i>	6.- GTO	5	4	4	4.33	5-11 *
<i>R. cerealis</i>	7.- RB2	5	5	0.6	3.53	6-11 *
<i>R. solani</i>	8.- ACH	5	4.5	0.2	3.23	7-11 *
<i>R. cerealis</i>	9.- RB1	5	4.67	0	3.22	
<i>R. solani</i>	10.- AVT	4	2.25	2	2.75	
SIN INOCULAR	11.- TEST.	0	0	0	0	

* Tratamientos estadísticamente diferentes en la prueba de comparaciones múltiples de Dunn, basadas en el procedimiento de Kruskal-Wallis. Los contrastes entre las demás cepas no fueron significativos.

Verificación de Cepas de *R. solani* y *R. cerealis*

Para confirmar que la enfermedad de la costra negra fue a causa de los patógenos antes señalados, se realizaron los postulados de Koch; para ello, a partir de los aislamientos del tallo de las plantas enfermas, se realizaron las caracterizaciones morfológicas y fenotípicas, coincidiendo con las mismas características de las cepas originales. De acuerdo a esto se considera que el daño en los tubérculos de papa es originado por las cepas de *R. solani* y *R. cerealis*.

DISCUSIÓN

Identificación de Cepas de *Rhizoctonia solani* y *R. cerealis*.

Los aislamientos realizados de esclerocios de papa fueron identificados según las características morfológicas y fenotípicas señaladas por Sneh *et al.* (1991). De lo anterior se determinó que ocho cepas corresponden a *R. solani* y dos cepas a *R. cerealis*. A este respecto cabe señalar que *R. cerealis* fue reportado por Hernández *et al.* (1996) afectando papa en Coahuila y Nuevo León. Cabe mencionar que las cepas de *R. cerealis* empleadas en este ensayo fueron aisladas de la región papera de Arteaga, Coahuila.

Estudios de Resistencia de *R. solani* y *R. cerealis*. a Fungicidas

Estudios con tiabendazol

En el rango de la CI_{50} que es el de mayor estabilidad, nos muestra según la figura 5.1, que tanto *R. solani* como *R. cerealis* presentaron respuestas similares ya que todos tienden a agruparse, observándose traslapes en los límites fiduciales y donde se separa la cepa NNL de Nuevo León para mostrar mayor sensibilidad al producto, mientras que las cepas GTO. de Guanajuato y ACH. de Chihuahua muestran tendencia a ser a su vez diferentes .

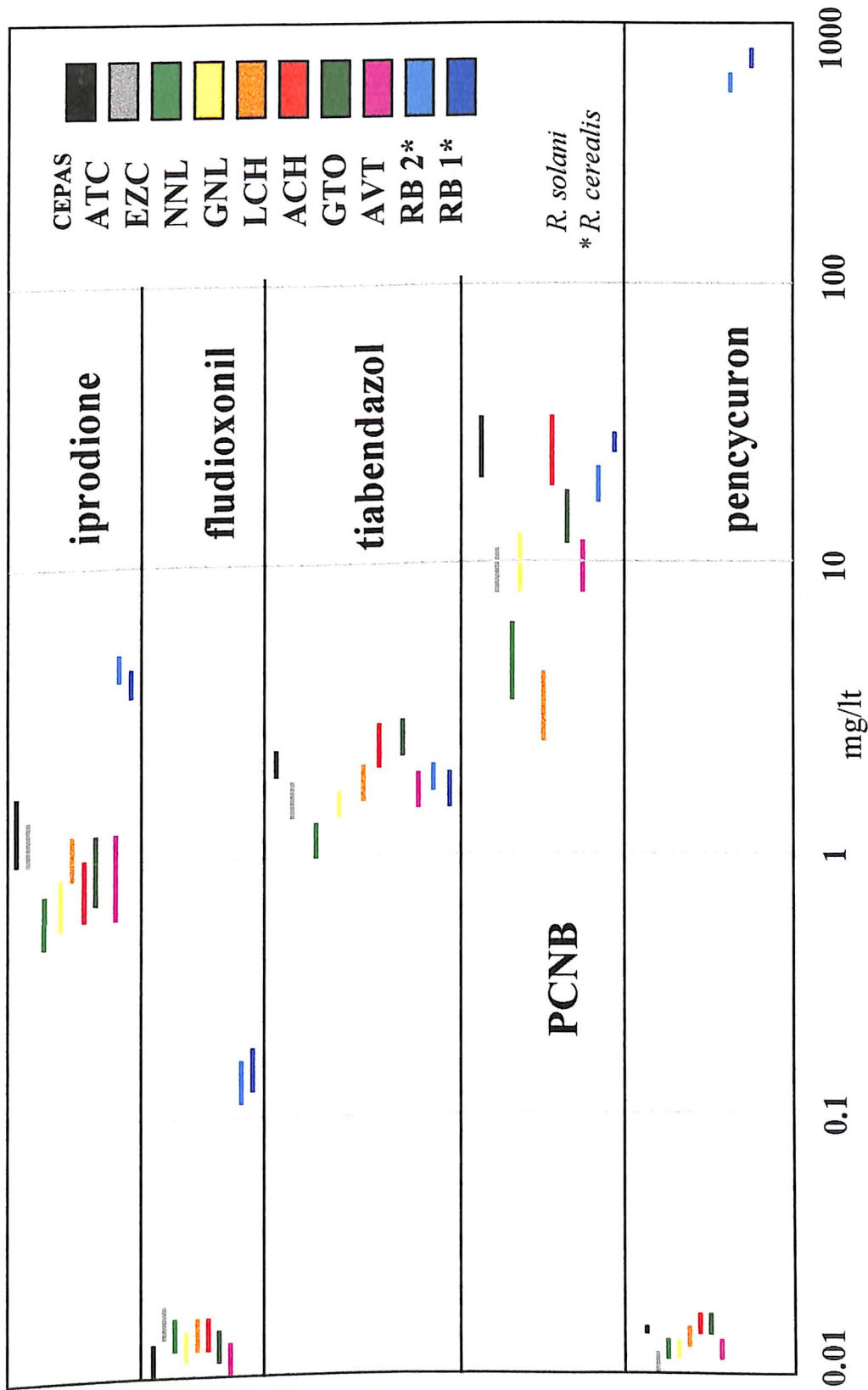


Figura 5.1 Comparación de susceptibilidad en base a CI₅₀ y sus límites fiduciales de las cepas *R. solani* y *R. cerealis* al iprodione, fludioxonil, tiabendazol, PCNB y pencycuron. 1997.

del resto de las cepas al requerir mayor cantidad de tóxico para inhibir el 50 por ciento del crecimiento del micelio.

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que *R. solani* es inhibida a la CI_{90} de 9.65 mg/lt, mientras que *R. cerealis* se inhibe a la CI_{90} de 5.04 mg/lt. Nuestros resultados coinciden a los obtenidos por Leach y Murdoch (1985) quienes señalan que *R. solani* muestra inhibición a concentraciones de 10 mg/lt, y *R. cerealis* a 7 mg/lt. Lo anterior indica que *R. cerealis* es más sensible al tiabendazol que las cepas de *R. solani*.

En general, los aislamientos de *R. cerealis* obtuvieron los valores más bajos (4.19-5.04 mg/lt). Por otro lado nuestros resultados coinciden con Leach y Murdoch (1985) al señalar que *Rhizoctonia* es capaz de presentar crecimiento miceliano a concentraciones de 1 mg/lt y presentar total inhibición a concentraciones de 10 mg/lt, así mismo en las líneas de respuesta dosis-inhibición se observó una tendencia en *R. cerealis* más vertical que *R. solani*, indicandonos que aunque a la CI_{50} tienden a agruparse, a la CI_{90} estas se pueden inhibir a menores cantidades de fungicida (Fig. 5.2)

No se encontraron valores de la CI_{90} más altos a los reportados (Leach y Murdoch, 1985) y tomando en cuenta que el valor del FR es menor que la unidad, se considera que en los aislamientos estudiados no existen evidencias de resistencia al tiabendazol.

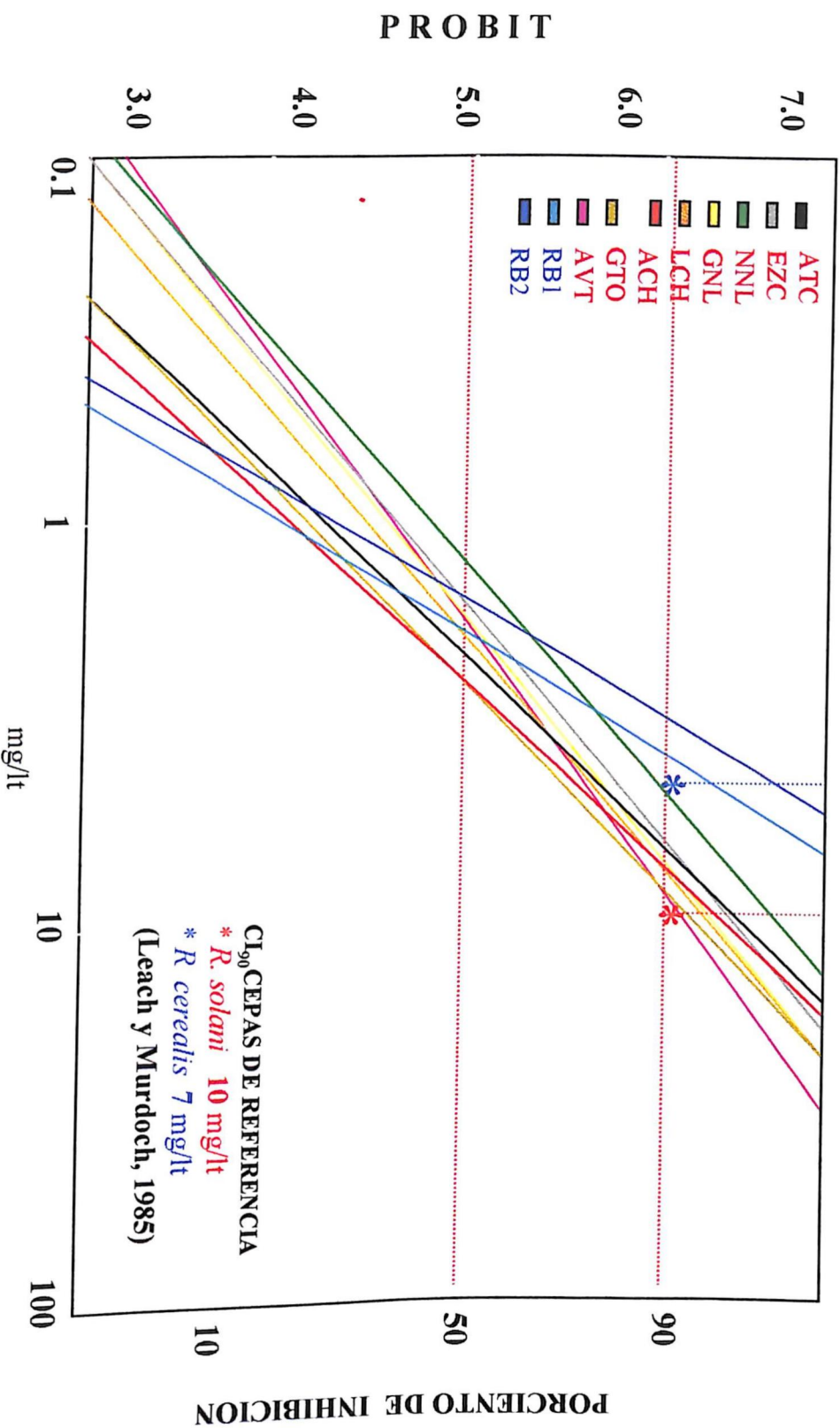


Figura 5.2 Líneas de respuesta dosis-inhibición de crecimiento de especies de *Rhizoctonia* al tiabendazol en cepas de distintas áreas productoras de papa de México.

Estudios con iprodione

Al nivel de la CI_{50} como se muestra en la figura 5.3, tienden la mayoría de las cepas de *R. solani* a traslaparse entre sí al tocarse los extremos de los límites fiduciales indicando con ello que son estadísticamente iguales entre sí, sin embargo, es claro observar que las cepas de *R. cerealis* son mucho más tolerantes al fungicida ya que se nota una separación significativa de los límites fiduciales en comparación.

Los resultados obtenidos con este fungicida, indican que la mayoría de los aislamientos de *R. solani* se inhibieron a la 9.73 mg/lt, excepto ATC que requirió de 14.86 mg/lt. Estos resultados concuerdan a los obtenidos por Grisham. (1983); Kataria *et al.* (1991) y Olaya *et al.* (1992), que indican que *R. solani* es inhibido a 10 mg/lt. En *R. cerealis* se encontró inhibición a 13.57 mg/lt, valor superior a lo reportado por Kataria *et al.* (1991), quienes reportan valores de CI_{90} de 0.5 a 4 mg/lt (CI_{90}).

Considerando los valores reportados por Kataria *et al.* (1991) y los valores obtenidos en este estudio, se obtuvo un FR de 3.39 a 3.69 para *R. cerealis*. Con esto se pudo inferir que presentan una tolerancia de 3.54 veces mayor al iprodione. En tanto que *R. solani* la mayoría de los aislamientos tuvieron un FR inferior a 0.973, excepto la cepa de Arteaga, Coahuila, la cual tuvo un FR de 1.48 es decir 0.48 veces más tolerante al tóxico. Además se observó una tendencia más vertical en las líneas de respuesta de *R. cerealis* y donde a la CI_{50} están separadas, sin embargo, a la CI_{90} tienden a agruparse con *R. solani* (Figura 5.3)

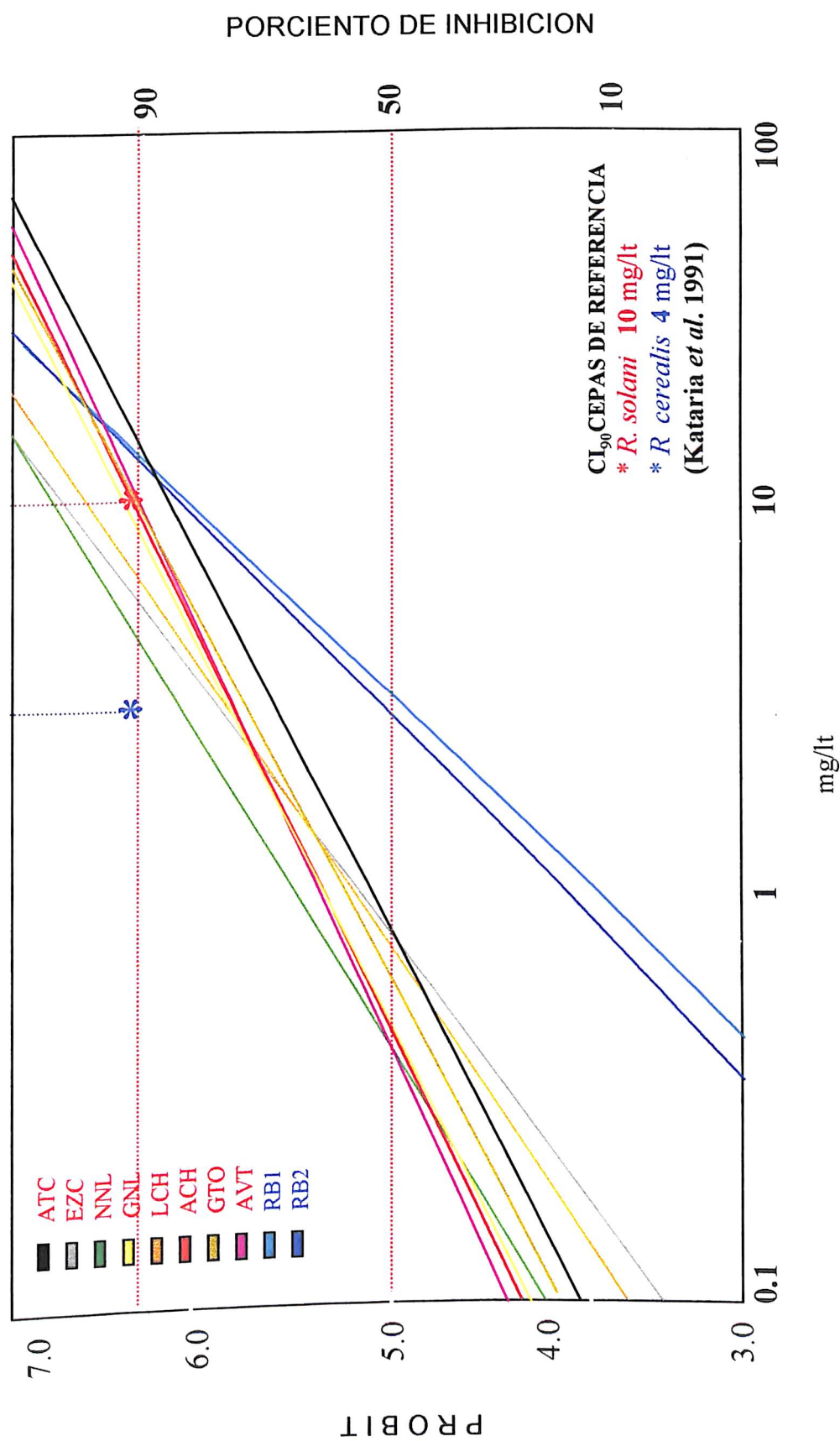


Figura 5.3 Líneas de respuesta dosis-inhibición de crecimiento de especies de *Rhizoctonia* al iprodione en cepas de distintas áreas productoras de papa de México.

Estudios con PCNB

Por lo que respecta al CI_{50} de este producto, la figura 5.1 muestra una fuerte variabilidad entre cepas de *R. solani* y también nos muestra que se puede inhibir desde los 3.21 mg/lt en caso de LCH y requerir hasta 28.45 mg/lt en caso de las cepas ATC y ACH, por lo que, estas dos últimas son estadísticamente diferentes del resto de *R. solani*, pero iguales a las de *R. cerealis*, que se inhibió a 30.18 mg/lt.

Dado lo anterior no se encontraron evidencias de resistencia en ninguna de las dos especies en estudio, exceptuando ACH a la CI_{90} , sin embargo, Martin *et al.* (1984) encontraron cepas de *Rhizoctonia* binucleadas tolerantes al PCNB con valores de inhibición superiores a 50 mg/lt.

Los estudios realizados muestran que *R. solani* es capaz de desarrollar crecimiento miceliano a concentraciones (CI_{50}) de 3.21 a 28.45 mg/lt y *R. cerealis* a concentraciones de 30.18 mg/lt y si consideramos que Martin *et al.* (1984), señalan que una cepa es moderadamente tolerante si se inhibe a concentraciones de 10 a 50 mg/lt y susceptible si se inhibe de 1 a 10 mg/lt; podemos señalar que la mayoría de los aislamientos son ligeramente tolerante al PCNB, excepto NNL y LCH que se mostraron como susceptibles (Figura 5.1). La tendencia de las líneas de dosis-inhibición nos muestra en la figura 5.4 que existe una gran variabilidad en el comportamiento en todas las cepas. Similares resultados encontraron Martin *et al.* (1984), al reportar valores de CI_{50} de 0.19 a 215 mg/lt.

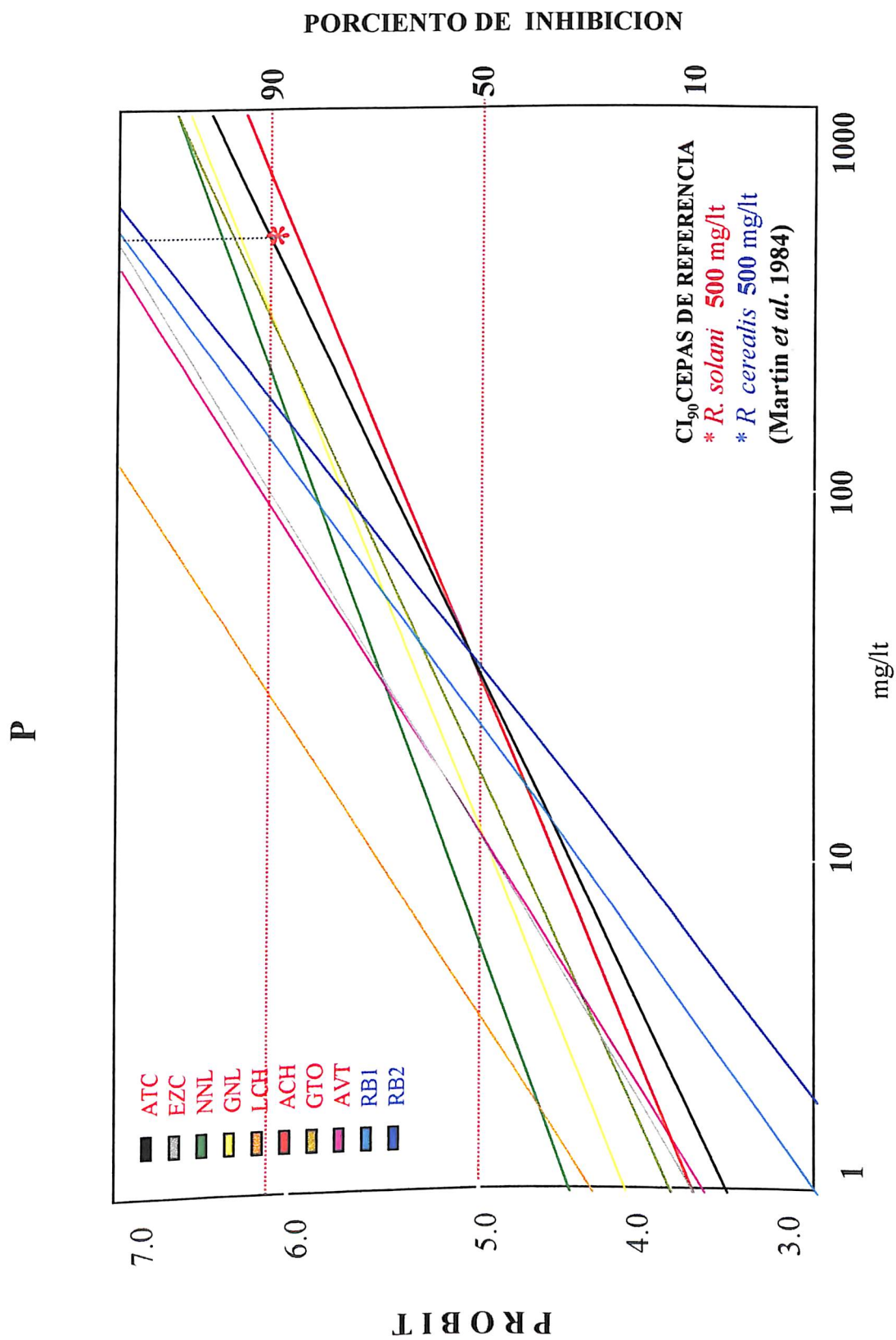


Figura 5.4 Líneas de respuesta dosis-inhibición de crecimiento de especies de *Rhizoctonia* al PCNB en cepas de distintas áreas productoras de papa de México.

Estudios con pencycuron

Los estudios realizados con el pencycuron muestran que para *R. solani* los valores encontrados a la CI_{50} fueron muy bajos ya que variaron de 0.002 a 0.045 mg/lt, mientras que para las cepas de *R. cerealis* fueron muy altos, llegando a requerir de 370 a 480 mg/lt. Esto implica que estadísticamente los límites fiduciales de las cepas de *R. solani* al traslaparse fueron estadísticamente iguales con pequeñas variaciones de no traslape entre algunas de las cepas de esta especie. Sin embargo, el conjunto de estas líneas se encontró muy separado de las de *R. cerealis* por cinco ciclos de unidades logarítmicas (Figura 5.1).

Los valores encontrados a la CI_{90} para *R. solani* variaron de 0.13 (LCH) a 1.14 mg/lt (ACH), mientras que para *R. cerealis* los valores fueron superiores de 1256 mg/lt. Con relación a lo anterior, Kataria *et al.* (1991) mencionan que la CI_{90} de especies de *Rhizoctonia* binucleadas es superior de 100 mg/lt. Por su parte Lara *et al.* (1996) señalan que en algunos aislamientos no hay inhibición de cepas de *R. cerealis* a dosis > 1000 mg/lt. Los datos obtenidos en este estudio concuerdan con dichos autores, al obtenerse valores de la CI_{90} entre 1256 para RB1 y 1583 mg/lt en RB2.

Kataria *et al.* (1991) reportan que para la especie de *R. solani* se consideran como cepas susceptibles, las que inhiban su crecimiento a concentraciones de 0.1 a 9.0 mg/lt. Los mismos autores mencionan que *R. solani* tiene gran variabilidad de inhibición

de acuerdo al grupo de anastomosis, señalando que en el grupo AG2-1 la CI_{90} variaba de 0.5 a 220 mg/lt y para AG4 la CI_{90} era superior a 500 mg/lt. Los valores obtenidos para todos los aislamientos de *R. solani* en este estudio presentan una CI_{90} menor de 1.14 mg/lt, categorizandola por lo tanto como muy susceptible.

Considerando los valores reportados por Kataria *et al.* (1991), donde la CI_{90} varia de 0.5 a 500 mg/lt y los datos obtenidos en este ensayo, podemos mencionar que no se encontraron evidencias de resistencia de *R. solani* al pencycuron. Sin embargo, con las cepas de *R. cerealis* y considernado los valores de la $CI_{90} \geq 100$ mg/lt reportados por los mismos autores, se obtuvo un FR de 12.56 en RB1 y 15.83 para RB2. Con esto se infiere que los aislamientos estudiados presentan una tolerancia en promedio de 14 veces más que lo reportado. En la figura 5.5 se puede observar que las lineas de respuesta se encuentran ampliamente separadas y donde *R. cerealis* se mostró más tolerante que *R. solani*, es evidente la respuesta al tóxico entre estas dos especies.

Estudios con fludioxonil

En cuanto a la CI_{50} para este fungicida para las cepas de *R. solani* todas son iguales entre sí, ubicándola en niveles que varían de 0.016 para ATC a 0.0226 mg/lt en EZC, en tanto que las cepas de *R. cerealis* se comportaron estadísticamente diferentes a las anteriores separadas por un ciclo de unidades logarítmicas (Figura 5.1).

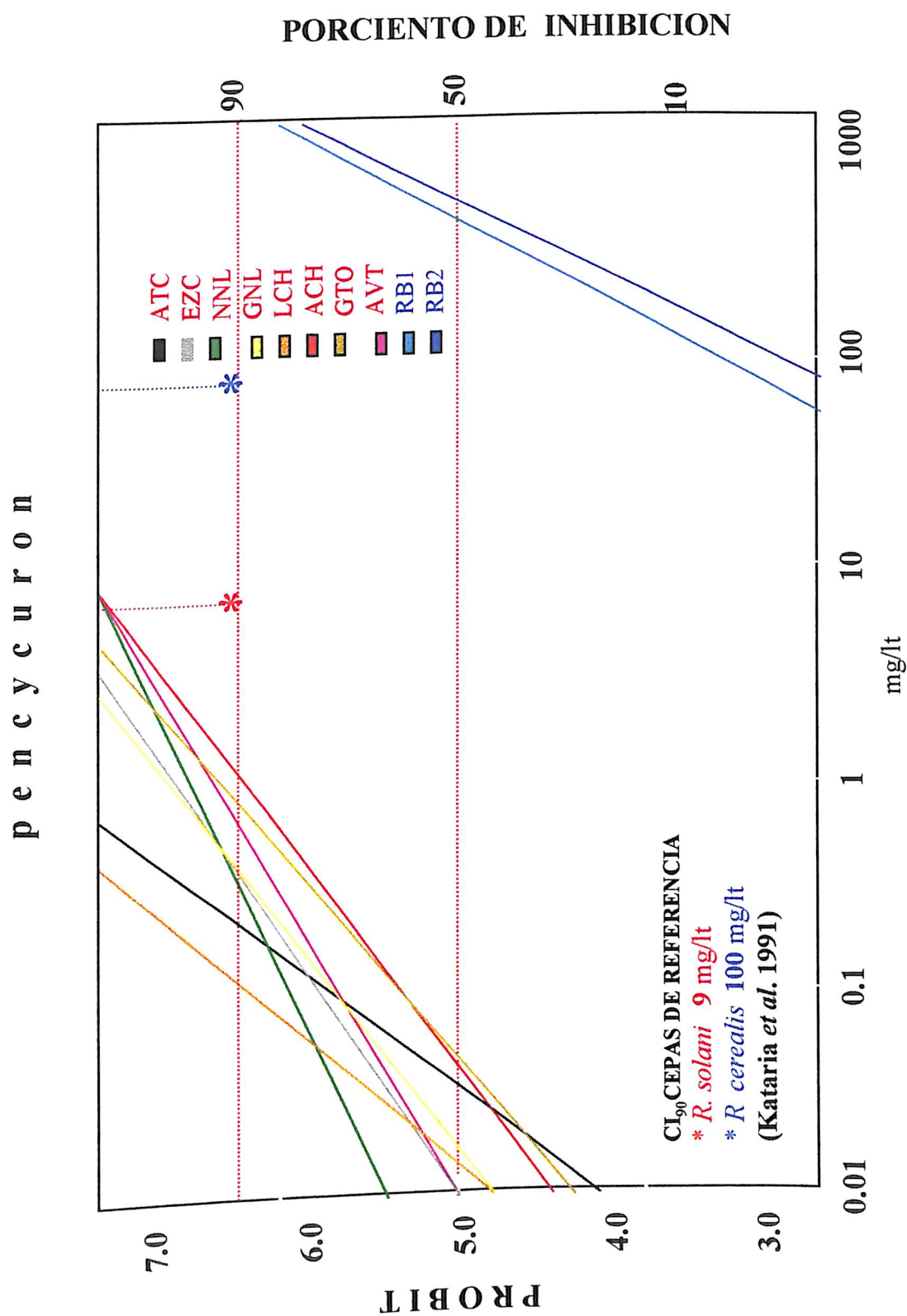


Figura 5.5 Líneas de respuesta dosis-inhibición de crecimiento de especies de *Rhizoctonia* al pencycuron en cepas de distintas áreas productoras de papa de México.

Tomando como referencia lo reportado por Olaya *et al.* (1994) quienes mencionan que las especies de *Rhizoctonia* fueron inhibidas a concentraciones de 1 mg/lt, no se encontraron evidencias de resistencia en ninguna de las dos especies evaluadas al tener todos los aislamientos valores (CI_{90}) menores de 0.62 mg/lt; por lo que ambas especies se consideraron como extremadamente susceptibles al fludioxonil. En la figura 5.6 podemos observar un agrupamiento muy homogéneo en las líneas de respuesta de *R. solani* y donde se muestra como más sensible al tóxico que *R. cerealis*, además podemos observar una tendencia similar en ambas especies.

De acuerdo a los resultados obtenidos en estos ensayos podemos indicar que para el tiabendazol y fludioxonil, ningún aislamiento es resistente. Con el iprodione *R. cerealis* mostró tolerancia (FR de 3.39 a 3.69) y solo una cepa de *R. solani* (ATC) se encontró tolerante (FR =1.48). Para el pencycuron solo las cepas de *R. cerealis* presentaron tolerancia con valores de FR de 12.56 a 15.83, mientras que las de *R. solani* fueron muy susceptibles. Con el PCNB la cepa ACH se mostró ligeramente tolerante, mientras todas las demás fueron susceptibles.

En términos generales todas las cepas de *R. solani* presentaron una tendencia de las líneas dosis-inhibición más horizontal que *R. cerealis*, abarcando por lo tanto más ciclos de unidades logarítmicas, esto indica que se necesitan más dosis para pasar de la CI_{50} a la CI_{90} , mientras que *R. cerealis* presentó una tendencia de las líneas más verticales en comparación con *R. solani*, por lo que se necesitan menos ciclos para pasar de la CI_{50}

fludioxonil

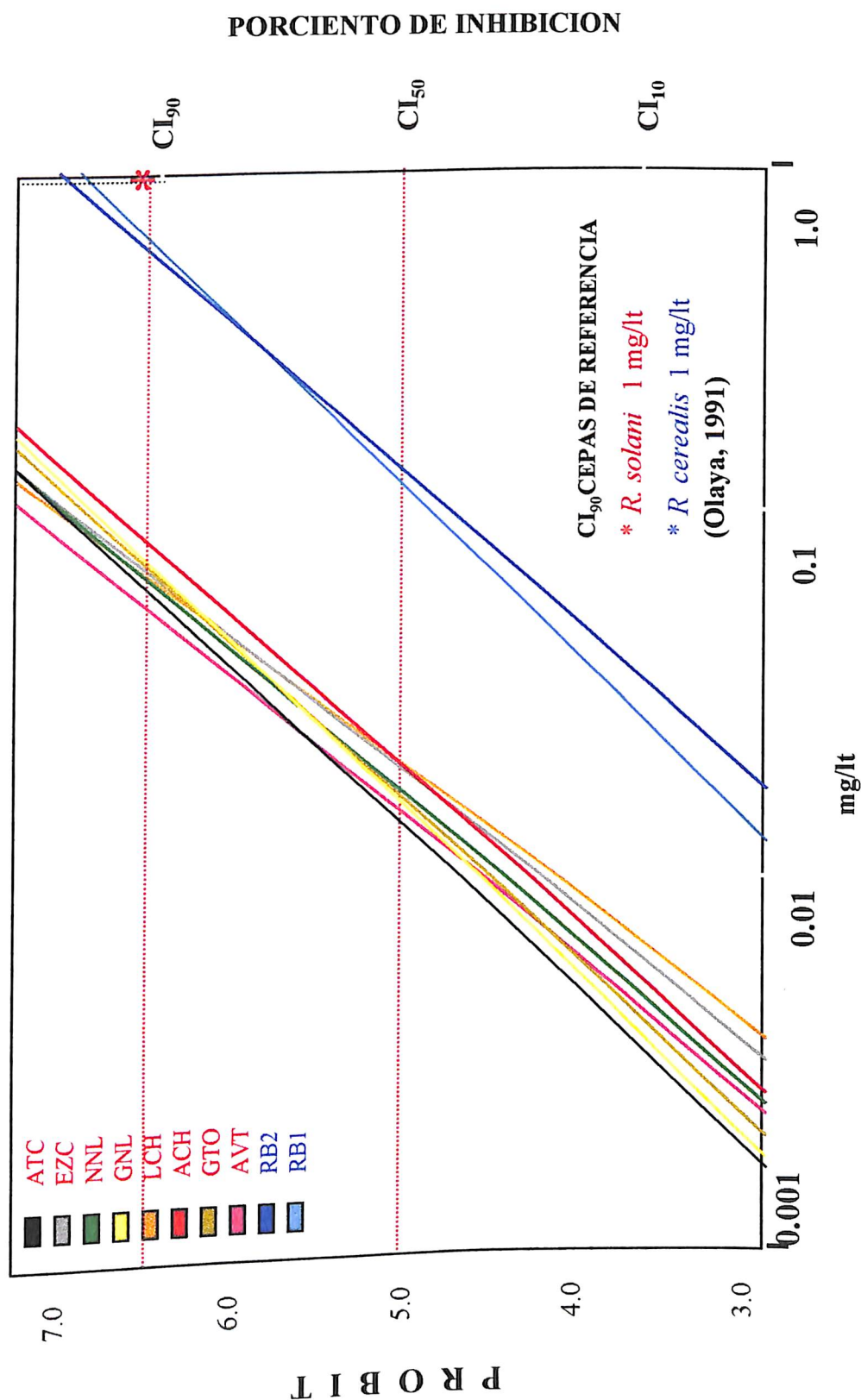


Figura 5.6 Líneas de respuesta dosis-inhibición de crecimiento de especies de *Rhizoctonia* al fludioxonil en cepas de distintas áreas productoras de papa de México.

a la CI_{90} . Esto nos indica que las dos especies tienen diferente comportamiento en cuanto a la respuesta dosis-inhibición con los fungicidas estudiados (Figura 5. 1).

En cuanto a diferencias entre las cepas por región de procedencia se observó una tendencia general en cuanto a la sensibilidad, donde de las cepas de Chihuahua, la de López (LCH) se mostró más sensible que la de Allende (ACH), mientras que en las cepas de Nuevo León, las cepas de Navidad mostraron más sensibilidad que la de Galeana.

Estudio sobre la Adaptabilidad

Los síntomas observados en los tallos de los tubérculos inoculados fueron similares en las especies de *R. solani* y *R. cerealis*, estos son; estrangulamiento de tallos, hundimientos, lesiones café rojizo en la base del tallo, necrosis cortical del tejido leñoso, destrucción de raíces, inhibición de brotes y formación de esclerocios de color amarillento a café oscuro sobre la epidermis del tubérculo y distribuidos en la superficie del suelo. Estos síntomas son similares a los descritos para *R. solani* en la literatura revisada (Carling y Leiner, 1990; Sneh *et al.*, 1991). Dado lo anterior se considera que *R. cerealis* es capaz de afectar el cultivo de la papa. Nuestros resultados coinciden a los reportados por Lara *et al.*; Hernández *et al.* (1996) y Alvarado (1997), quienes mencionan que *R. cerealis* es capaz de afectar este cultivo. Resultados similares fueron reportados por Van der Hoeven y Bollen, (1980); Ogoshi, (1985) y Kataria *et al.* (1988), quienes observaron que *R. cerealis* es capaz de ocasionar clorosis y daños en los tallos de papa.

Considerando la incidencia de la enfermedad, aunque se tuvieron valores de 30 a 100 por ciento, las dos especies de *Rhizoctonia* son capaces de causar estadísticamente la misma incidencia en los tallos de papa inoculados. En cuanto a severidad los valores más altos fueron para las cepas de *R. solani* con un promedio de 4.21 que en las cepas de *R. cerealis* con un valor promedio de 3.37 de acuerdo a la escala propuesta por Carling y Leiner (1990). Aunque todas las cepas fueron agresivas, la prueba de Kruskal-Wallis las agrupa de acuerdo a la prueba de medias de Dunn, la cual las organizo en diferentes grupos de acuerdo a los rangos establecidos en los valores de severidad, aunque tambien es necesario considerar que todas las cepas mostraron en una o dos repeticiones valores de severidad entre 4 a 5, pero al existir una repetición con un valor bajo el promedio tendió a disminuir por lo que la prueba de medias de Dunn detecto algunas cepas iguales al testigo, considerando esto estas cepas se ubicarían en un mismo nivel que todas las demás cepas en cuanto a agresividad se refiere; así a pesar que la prueba de Kruskal-Wallis identifica algunos grupos en cuanto a la escala de severidad de las cepas, es necesario considerar y enfatizar que esta diferencia pudo ser ocasionada por efectos de manejo en el estudio como pudo ser; efecto orilla, exposición de luz, distribución del inóculo en el sustrato, etc. Esto significa que en realidad las diferencias entre cepas en general es mínimo ya que presentan la misma tendencia, exceptuando la cepa AVT que demostró menor severidad en todas las repeticiones analizadas, en tanto que el resto presentó un daño que varió de tallos podridos (escala de 4) a inhibición de brotes (escala de 5) en al menos una o dos repeticiones (Cuadro 4.8).

De los aislamientos estudiados de *R. solani* las cepas de Arteaga, Coah. presentaron moderada tolerancia al iprodione y la cepa ACH de Allende, Chih. presentó moderada tolerancia al PCNB, sin embargo ninguna de las cepas mostró diferencia significativa en cuanto a la incidencia y a la severidad, cabe mencionar que todas las cepas presentaron altos valores en al menos una de sus repeticiones. Por otro lado la cepa AVT la cual estadísticamente presentó valores bajos tanto en la incidencia como en la severidad no presentó resistencia a ningún fungicida. Por lo tanto se concluye que en cepas tolerantes no existe pérdida ni ganancia de adaptabilidad.

En cuanto a *R. cerealis* se encontró resistencia al iprodione y pencycuron (Cuadro 5.1). En este caso vale la pena enfatizar en que tampoco estas cepas fueron menos agresivas que las demás, aunque los promedios de severidad sean de 3.22 y 3.53, dado que en dos de las repeticiones los niveles de daño fueron de 4 a 5, es decir, pudrición de tallos a inhibición de brotes. Sobre esta especie no se pudo concluir sobre la adaptabilidad, debido a que no se contó con una cepa de referencia de la misma especie y con diferente nivel de susceptibilidad a los que se estudiaron en el presente trabajo. Lo que es claro es que entre *R. solani* y *R. cerealis* se tienen distintas respuestas a los fungicidas, no porque se haya desarrollado resistencia a todos los productos evaluados, sino más bien debido a las características propias de la especie, las mismas que hacen que la tendencia de las líneas dosis-inhibición sean diferentes y donde *R. cerealis* tiene una tendencia más vertical, mientras que en *R. solani* se observa una tendencia más horizontal, es decir ocupan más ciclos logarítmicos al alcanzar la CI_{90} como se puede observar en las figuras de la 5.1 a la 5.6.

Cuadro 5.1 Concentración de datos de sensibilidad a fungicidas en base a la CI₅₀, índices de incidencia y valores de severidad para cepas de *R. solani* y *R. cerealis*, bajo condiciones de laboratorio

CEPAS	ESPECIES	SENSIBILIDAD A FUNGICIDAS CI ₅₀ (mg/lt)						INCIDENCIA*	ESCALA DE SEVERIDAD**
		tiabendazol (1.1-2.3)	iprodione (0.5-1.2) (3.7-4.3)	PCNB (3.2-10.5) (15.8-30.2)	penicuron (0.002-0.045) (370-480)	fludioxonil (0.016-0.022) (0.13-0.14)	%		
GNL	<i>R. solani</i>	+	+	++	+	+	100		5
NNL	<i>R. solani</i>	+	+	+	+	+	100		5
ATC	<i>R. solani</i>	+	+(r)	+++	+	+	88.9		4.1
EZC	<i>R. solani</i>	+	+	++	+	+	100		4.8
ACH	<i>R. solani</i>	+	+	+++ (r)	+	+	50		3.2
LCH	<i>R. solani</i>	+	+	+	+	+	80		4.2
GTO	<i>R. solani</i>	+	+	++	+	+	100		4.3
AVT	<i>R. solani</i>	+	+	++	+	+	38		2.8
RB1	<i>R. cerealis</i>	+	++ (r)	+++	++ (r)	++	75		3.2
RB2	<i>R. cerealis</i>	+	++ (r)	+++	++ (r)	++	82		3.5

* Duncan al 5 % de significancia ** Escala de severidad propuesta por Carling y Leiner (1991).
+, ++, +++ Agrupamientos de acuerdo a ciclos logarítmicos en base a la CI₅₀, donde (r) significa presencia de resistencia

Con respecto a la adaptabilidad es de señalar que existen dos corrientes de pensamiento en los que algunos investigadores mencionan que al desarrollarse resistencia se tiende a perder agresividad en el hospedero (Vanderplank, 1963; Wolfe, 1975; Dekker, 1982; De Waard *et al.*, 1982; McPhee y Nestmann, 1983; Gullino *et al.*, 1986; Miyagi *et al.*, 1986; Webber, 1988; Nuninger-Ney *et al.*, 1989; Hsiang y Chastagner, 1991); en ese sentido McKenzie (1978) además sugiere que mutantes seleccionados en laboratorio pueden no sobrevivir en campo, presumiblemente por una pérdida en la virulencia, mientras que otros investigadores que señalan que cepas que presentan resistencia a fungicidas no pierden adaptabilidad como; Davidse *et al.*, 1983; Cohen y Coffey, 1986; Smilanick y Eckert, 1986; Crute y Harrison, 1988; Kadish y Cohen, 1988; Kalamarakis *et al.*, 1989; Hernández *et al.*, 1990; Lasseron-de Falandre *et al.*, 1991).

Nuestros resultados concuerdan con estos últimos autores al encontrar que cepas tolerantes no perdieron su valor adaptativo, aunque cabe mencionar que no se conoce si dicha tolerancia ha sido desarrollada por presión de selección en el campo o es la sensibilidad natural de la población.

Por otro lado, es importante mencionar que las investigaciones sobre resistencia y adaptabilidad realizadas *in vitro*, no siempre concuerdan con los resultados obtenidos *in vivo* ya que se han encontrado cepas resistentes en laboratorio que presentan mayor sensibilidad en campo y cepas más sensibles en laboratorio que se han comportado más resistentes bajo presión de un fungicida en campo (McKenzie, 1978; Staub *et al.*, 1979; Van der Hoeven y Bollen, 1980; Martin y Lucas, 1984; Peever y Milgroom, 1994). Staub

et al. (1979) mencionan que no se encontró correlación significativa entre la resistencia y la adaptabilidad. Martin y Lucas (1984), indican que diferentes especies de *Rhizoctonia* pueden tener diferente respuesta en las pruebas de fungicidas en laboratorio (*in vitro*), remarcando que los resultados obtenidos en este tipo de bioensayos solo indican efectos directos de los fungicidas con el patógeno investigado y que los datos obtenidos no están necesariamente correlacionados con la respuesta de un fungicida en campo (*in vivo*). Dichos autores mencionan que sería conveniente realizar pruebas en campo con poblaciones con diferentes niveles de tolerancia y someterlas a presión de selección para poder monitorear más eficientemente los componentes de la adaptabilidad y de la resistencia.

Por su parte Peever y Milgroom (1994), mencionan que en patógenos con reproducción asexual como *Rhizoctonia* spp. la correlación entre los genes de resistencia y la adaptabilidad es con respecto a los clones (aislamientos), pero no entre estos dos componentes.

Por otro lado, las investigaciones sobre resistencia y adaptabilidad realizadas *in vitro*, no siempre concuerdan con los resultados obtenidos *in vivo* ya que se han encontrado cepas resistentes en laboratorio que presentan mayor sensibilidad en campo y cepas más sensibles en laboratorio que se han comportado más resistentes bajo presión de un fungicida en campo (McKenzie, 1978; Staub *et al.*, 1979; Van der Hoeven y Bollen, 1980; Martin y Lucas, 1984; Peever y Milgroom, 1994). Staub *et al.* (1979) mencionan que no se encontró correlación significativa entre la resistencia y la adaptabilidad. Martin

y Lucas (1984), indican que diferentes especies de *Rhizoctonia* pueden tener diferente respuesta en las pruebas de fungicidas en laboratorio (*in vitro*), remarcando que los resultados obtenidos en este tipo de bioensayos solo indican efectos directos de los fungicidas con el patógeno investigado y que los datos obtenidos no están necesariamente correlacionados con la respuesta de un fungicida en campo (*in vivo*). Dichos autores mencionan que sería conveniente realizar pruebas en campo con poblaciones con diferentes niveles de tolerancia y someterlas a presión de selección para poder monitorear más eficientemente los componentes de la adaptabilidad y de la resistencia.

Por su parte Peever y Milgroom (1994), mencionan que en patógenos con reproducción asexual como *Rhizoctonia* spp. la correlación entre los genes de resistencia y la adaptabilidad es con respecto a los clones (aislamientos), pero no entre estos dos componentes.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales en las que se desarrollo el presente trabajo, se concluye lo siguiente:

R. solani y *R. cerealis*, causan daños severos en el cultivo de la papa.

La mayoría de las cepas de *R. solani* son susceptibles a todos los fungicidas evaluados y expresa mayor sensibilidad al fludioxonil y pencycuron.

Las cepas *R. solani* ATC es ligeramente tolerante al iprodione y ACH es moderadamente tolerante al PCNB.

R. cerealis es susceptible al tiabendazol, PCNB y fludioxonil, pero tolerante al pencycuron e iprodione.

R. solani es más sensible que *R. cerealis* en todos los fungicidas estudiados. Se considera que esta diferencia es por aspectos de las propias especies.

No existe diferencia estadística en la incidencia de la enfermedad en tallos de papa en cepas de *R. solani* y *R. cerealis*.

Las cepas de *R. solani* y *R. cerealis* mostraron altos índices de severidad en tallos de papa

Las cepas tolerantes *R. solani* no pierden ni ganan adaptabilidad, mientras que la cepa susceptible (AVT) expresó pérdida

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, durante el período de 1996-1998. Los objetivos fueron: 1) Determinar los niveles de tolerancia *in vitro* de *Rhizoctonia solani* y *R. cerealis* a fungicidas de diferente grupo toxicológico en cepas de diferentes regiones paperas del país. 2) Realizar pruebas de adaptabilidad (incidencia y severidad) para conocer el valor adaptativo de los aislamientos evaluados, bajo condiciones controladas.

Los muestreos se realizaron de las regiones de Coahuila, Nuevo León, Chihuahua, Guanajuato y Toluca. Para ello se tomaron esclerocios para realizar las siembras. Los aislamientos purificados por punta de hifa se identificaron acorde a los criterios morfológicos y fenotípicos como; número de núcleos, diámetro de hifa, color de micelio, tipo de crecimiento, presencia de esclerocios y temperatura óptima de crecimiento. Los aislamientos (cepas) previamente incrementados se sometieron a diferentes dosis de fungicida. El tiabendazol, iprodione, PCNB, pencycuron y fludioxonil se agregaron en el PDA. La variable a evaluar en el primer objetivo fue por ciento de inhibición, cuyos *valores* se analizaron en el programa computarizado de PROBIT®, donde se obtuvieron las concentraciones de inhibición (CI_{50} y CI_{90}) y los límites fiduciales. Con los valores de CI se calculó el factor de resistencia (FR) para cada una de las cepas, tomando en cuenta las CI_{50-90} reportada en la literatura revisada. El segundo objetivo se llevó a cabo en

cámaras bioclimáticas, en las que se sembraron tubérculos de la variedad Alpha en macetas de cuatro kg utilizando 1.3 cajas petri de inóculo por unidad experimental, distribuyéndose en un diseño completamente al azar. Las variables evaluadas para el factor incidencia fueron el por ciento de tallos con daño y para el factor severidad se utilizó la escala de Carling y Leiner (1991). Para establecer diferencia estadística en incidencia se usó la prueba de Duncan (0.05) y en la severidad la prueba de Kruskal-Wallis.

Se obtuvieron ocho aislamientos *R. solani* y dos aislamientos *R. cerealis* (RB1 y RB2). Con el tiabendazol todos los aislamientos se encontraron como moderadamente susceptibles, mostrando total inhibición a la $CI_{90} < 10$ mg/lit. Tomando en cuenta que un FR mayor que uno indica el número de veces que los aislamientos estudiados son más tolerantes que lo reportado, se obtuvo que no existen evidencias de resistencia al tiabendazol. Con el iprodione se encontró que *R. solani* fue más sensible que *R. cerealis* obteniéndose para *R. solani* un aislamiento tolerante (FR= 1.48) correspondiente a Arteaga, Coah. (ATC), mientras que *R. cerealis* mostró tolerancia al obtenerse valores de FR de 3.39 y 3.69. Con el PCNB la mayoría de los aislamientos mostraron inhibición a la $CI_{50} < 30.18$ mg/lit, considerándose entre susceptibles y ligeramente tolerantes. Con el pencycuron *R. cerealis* se mostró menos sensible ($CI_{90} > 1256$) que *R. solani* ($CI_{90} < 1.14$ mg/lit). Para *R. cerealis* se encontraron evidencias de resistencia al obtener un FR de 12.56 a 15.83, tomando como cepa de referencia las reportadas por Kataria et al. (1991). Con el fludioxonil *R. solani* fue más sensible ($CI_{90} < 0.09$ mg/lit) que *R. cerealis* ($CI_{90} > 0.59$ mg/lit), aunque las dos especies se ubicaron como muy susceptibles según el

criterio de Martin *et al.* (1984) al obtener inhibición a concentraciones menores de 1 mg/lt. El FR más alto de las cepas evaluadas fue de 0.62 no encontrándose tolerancia. Para *R. solani* la cepa de Allende, Chih. (ACH) fue menos sensible al fludioxonil, pencycuron, tiabendazol y PCNB, mientras que las más susceptibles fueron las de *Navidad, Nuevo León (NNL)* y *López, Chih. (LCH)*. *R. solani* mostró susceptibilidad en todos los fungicidas evaluados pero expresó mayor sensibilidad al fludioxonil y pencycuron, mientras que *R. cerealis* mostró sensibilidad al tiabendazol, PCNB y fludioxonil, pero expresó tolerancia al pencycuron e iprodione. Por lo tanto aunque *R. solani* fue más sensible que *R. cerealis* se considera que esta diferencia es por aspecto de las propias especies. Sobre los estudios de adaptabilidad se obtuvo que aunque se presentaron diferentes grados de incidencia (38-100%) estadísticamente no presentaron diferencia significativa. Considerando el factor severidad, las cepas de *R. solani* susceptibles mostraron los mismos valores que las cepas más tolerantes de *R. cerealis*, enfatizando que en todas las cepas evaluadas en al menos dos repeticiones presentaron niveles de daño de 4 a 5 que implican tallos con pudrición a inhibición de brotes. Las cepas *R. solani* que presentaron tolerancia fueron ATC al iprodione y ACH al PCNB, sin embargo ninguna de las dos cepas mostró ganancia o pérdida en la adaptabilidad. Las cepas *R. cerealis* que expresaron tolerancia no tuvieron cepas de referencia susceptibles para fines comparativos, por lo que no se pudo concluir sobre la adaptabilidad. Cabe mencionar que Staub *et al.* (1979), Martin y Lucas (1984) y Peever y Milgroen (1994), coinciden en que no existe una correlación significativa entre la resistencia y la adaptabilidad.

Según la sintomatología observada las dos especies de *Rhizoctonia* son capaces de ocasionar daños severos en los tubérculos de papa.

LITERATURA CITADA

- Adams, G.C. and Butler, E.E. 1983. Environmental factors influencing the formation of basidia and basidiospores in *Thanatephorus cucumeris*. *Phytopathology*. 73(2):152-155.
- Agrios, G.N. 1996. Fitopatología. 2da. edición. Ed. Limusa. México. 838 p.
- Alexopoulos, C.J. and Mims, C.W. 1979. Introductory mycology. Wiley & Sons. 3th. Edition. U.S.A. 632 p.
- Alonso, C.Z. 1992. Evaluación de fungicidas para el control de la costra negra (*Rhizoctonia solani*) en papa (*Solanum tuberosum*) en Galeana, Nuevo León. Tesis de Licenciatura, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. P.32, 53-59.
- Alonso, C.Z., Hernández, C.F.D., Frías, G.A. y Sánchez, A.A. 1995. Determinación de grupos de anastomosis de *Rhizoctonia solani* Kühn en papa en Coahuila y Nuevo León. Memorias del XXII Congreso Nacional de Fitopatología. Guadalajara, Jalisco. México. 99p.
- Alvarado, N.R. 1997. Patogenicidad de tres cepas de *Rhizoctonia* aisladas de maleza, frijól y zanahoria en las variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) Alpha y Mondial. Tesis de Maestría. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah, México. 67p.
- Ariena, H.C., Van Bruggen and Arneson, P.A. 1984. Resistance in *Rhizoctonia solani* to tolclofos-methyl. *Phytopathology*. 74:810.
- Banville, G.J. 1989. Yield losses and damage to potato plants caused by *Rhizoctonia solani* Kühn. *Am. Pot. J.* 66:821-834.
- Barnett, H.L. and Hunter, B.B. 1987. Illustrated genera of imperfecti fungi. Fourth edition. MacMillan Publishing Company. USA.
- Boerma, G.H. and Verhoeven, A.A. 1977. Check list for scientific names of common parasitic fungi. Ser. 26. Fungi on field crops: Cereals and grasses. *Neth. J. Plant Pathol.* 83:165-294.

- Bolkan, A.H. 1980. Las pudriciones radicales. in: F.H. Schwartz y G.E. Galvez. Problemas de la pudrición del frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 310p.
- Burpee, L.L. 1980. *Rhizoctonia cerealis* causes yellow patch of turfgrasses. Plant Dis. 64:1114-1116.
- Carling, D.E. and Leiner, R.H. 1986. Isolation and characterization of *Rhizoctonia solani* and binucleate *R. solani*-like fungi from aerial stems and subterranean organs of potato plants. Phytopathology. 76(7):725-729.
- Carling, D.E., Leiner, R.H. and Westphale, P.C. 1989. Symptoms signs and yield reduction associated with *Rhizoctonia* disease of potato induced by tuberborne inoculum of *Rhizoctonia solani* AG-3. Am. Pot. J. 66:693-934.
- Carling, D.E. and Leiner, R.H. 1990. Effect of temperature on virulence of *Rhizoctonia solani* and other *Rhizoctonia* on potato. Phytopathology. 80(10):930-934.
- Cohen, Y. and Reuveni, M. 1983. Occurrence of metalaxil-resistant isolates of *Phytophthora infestans* in potato fields in Israel. Phytopathol. 73:925-927.
- Cohen, Y. and Coffey, M.D. 1986. Systemic fungicides and the control of oomycetes. Ann. Rev. Phytopathol. 24:311-338.
- Crute, I.R. 1987. The occurrence, characteristic, distribution, genetics and control of a metalaxil-resistant pathotype of *Bremia lactucae* in the United Kingdom. Plant Dis. 71:763-767.
- Crute, I.R. and Harrison, J.M. 1988. Studies on the inheritance of resistance to metalaxil in *Bremia lactucae* and on the stability and fitness of field isolates. Plant Pathol. 37:231-250.
- Cubeta, M.A., Echandi, E., Abernethy, T. And Vilgays, R. 1991. Characterization of anastomosis groups of binucleate *Rhizoctonia* species using restriction of analysis of an amplified ribosomal RNA gene. Phytopathology. 81:1395-1400.
- Cullen, J.C. y Wilson, A.R. 1971. Producción comercial de patatas y su almacenamiento. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 291 p.
- Currah, R.S. 1987. *Thanatephorus pennatus* sp. nov. Isolated from mycorrhizal roots of *Calypso bulbosa* (Orchidaceae) from Alberta; Ca. J. Bot. 65:1957-1960.
- Charts, 1975. Munsell soil color. Ed. Macbeth. Division of Kollomorgen Corp. USA.

- Chin, K.M. 1987. A simple model of selection for fungicide resistance in plant pathogen populations. *Phytopathology*. 77:666-669.
- Davidse, L.C., Danial, D.L. and Van Westen, C.J. 1983. Resistance to metalaxil in *Phytophthora infestans* in the Netherlands. *Neth. J. Plant Pathol.* 89:1-20.
- Dekker, J. 1977. The fungicide resistance problem. *Neth. J. Plant Pathol.* 83 (Suppl. 1): 159-167
- Dekker, J. 1982. Can we estimate the fungicide-resistance hazard in the field from laboratory and greenhouse test? Pages 128-138 in: *Fungicide resistance in Crop Protection*. J. Dekker and S. G. Georgopoulos, ed. Pudoc, Wageningen, The Netherlands. 265 p.
- Delorit, R.J. y Henry, L.A. 1985. *Producción agrícola*. 9a. edición. Ed. Continental. México. 564p.
- Delp, C.A. and Klopping, H.L. 1968. Performance attributes of a new fungicide and mite ovicide candidate. *Plant Dis. Rep.* 52:95-99.
- De Waard, M.A. Groeneweg, H. and van Nistelrooy, J.G.M. 1982. Laboratory resistance to fungicides which inhibit ergosterol biosynthesis in *Penicillium italicum*. *Neth. J. Plant Pathol.* 88:99-112.
- Dickinson, C.H. 1987. *Patología vegetal y patógenos de plantas*. Ed. Limusa. México. 312p.
- Dowley, L.J. and O'Sullivan, E. 1981. Metalaxil-resistant strains of *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary in Ireland. *Potato Res.* 25:417-421.
- Edmond, J.B., Senn, T.L. y Andrew, F.S. 1985. *Principios de horticultura*. 3a. edición. Ed. Continental. México. 575p.
- Frank, J.A. and Leach, S.S. 1980. Comparison of tuberborne and soilborne inoculum in the *Rhizoctonia* disease of potato. *Phytopathology*. 70:51-53.
- Fuschs, A. and de Waard, M.A. 1982. Resistance to ergosterol-biosynthesis inhibitors. Chemistry and phenomenological aspects. Pages 71-86 in: *Fungicide resistance in crop protection*. J. Dekker and S.G. Georgopoulos, eds. Pudoc, Wageningen, Netherlands.

- Georgopoulos, S.G. 1985. The genetics basis of classification of fungicides according to resistance risk. EPPO Bull. 15:513-517.
- Georgopoulos, S.G. and Zaracovitis, C. 1967. Tolerance of fungi to organic fungicides. Annu. Rev. Phytopathol. 5:109-130.
- Grisham, M.P. and Anderson, N.P. 1983. Pathogenicity and host specificity of *Rhizoctonia solani* isolated from carrots. Phytopathology. 73(11):1564-1569.
- Grisham, M.P. 1983. Differential responses of *Rhizoctonia solani* isolates in vitro to selected fungicides. Phytopathology. 73(3):501.
- Grisham, M.P. 1984. Efficacy of three experimental fungicides for the control of *Rhizoctonia* brown patch of St. Augustine grass. Phytopathology. 74:628.
- Groth, J.V. and Barrett, J.A. 1980. Estimating parasitic fitness: A reply. Phytopathology. 70:840-842.
- Gullino, M.L., Gualco, A. and Garibaldi, A. 1986. Laboratory resistance in *Rhizoctonia Solani* to several fungicides. Phytopathology. 76(10):1127.
- Hernández, C.F.D., Alonso, C.Z., Navarro, C.A. y Cepeda, S.M. 1993. Efecto del fungicida flutalonil (Moncut®) en el control de *Rhizoctonia solani* en papa. Revista Científica. 9:51-61.
- Hernández, C.F.D., Alonso, C.Z., Lara, F.V. y Frías, T.G.A. 1996. Identificación de aislamientos de *Rhizoctonia* binucleadas afectando papa en Coahuila y Nuevo León. Resumen No. 112. Memorias del XXIII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Guadalajara, Jalisco. México
- Hill, C.B. and Anderson, N. 1989. An evaluation of potatoe disease caused by isolates of *Rhizoctonia solani* AG-3. Am. Pot. J. 66:709:712.
- Hooker, J.W. 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Publ. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 166p.
- Hooker, J.W. 1990. Compendium of potato diseases. 4th ed. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 125p.
- Hsiang, T. and Chastagner, G.A. 1991. Growth and virulence of fungicide-resistant isolates of three species of *Botrytis*. Can. J. Plant Pathol. 13:226-231.
- Ichielevich-Auster, M., Sneh, B., Koltin and Barash. 1985. Suppression of damping-off caused by *Rhizoctonia* species by a nonpathogenic isolate of *R. solani*. Phytopathology. 75(10): 1080-1084.

- Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. (INEGI) 1994. El sector agropecuario en México. Boletín informativo. p. 31-42.
- Joseph , M.C. and Coffey, M.D. 1984. Development of laboratory resistance to metalaxil in *Phytophthora citricola*. Phytopathology. 74:1411-1414.
- Kadish , D. and Cohen, Y. 1988. Fitness of *Phytophthora infestans* isolates from metalaxil sensitive and resistant populations. Phytopathology. 78:912-915.
- Kalamarakis, A.E., Demopoulos, V.P., Ziogas, V.N. and Georgopoulos, S.G. 1989. A highly mutable major gene for triadimenol resistance in *Nectria haematococca* var. *cucurbitae*. Neth. J. Plant Pathol. 95:109-120.
- Kataria, H.R. and Hoffman, G.M. 1988. A critical review of plant pathogenic species of *Ceratobasidium* Rogers. Plant Dis. 95:81-107.
- Kataria, H.R., Singh, H. and Gisi, U. 1989. Interactions of fungicide-insecticide combinations against *Rhizoctonia solani* in vitro and in soil. Crop Prot. 8: 6, 399-404.
- Kataria, H.R., Verma, P.R. and Gisi, U. 1991. Variability in the sensitivity of *Rhizoctonia solani* anastomosis groups to fungicides. Phytopathology. 133:2, 121-133; 43 ref.
- Koenraadt, H., Somerville, S.C. and Jones, A.L. 1992. Characterization of mutations in the beta-tubulin gene of benomyl-resistant field strains of *Venturia inaequalis* and other plant pathogenic fungi. Phytopathol. 82:1348-1354.
- Köller, W. and Scheinpflug, H. 1987. Fungal resistance to sterol biosynthesis inhibitors: A new challenge. Plant Dis. 71:1066-1074.
- Lalancette, N., Hickey, K.D. and Cole, H. 1987. Parasitic fitness and intrastain diversity of benomyl-sensitive and benomyl-resistant subpopulations of *Venturia inaequalis*. Phytopathology. 77:1600-1606.
- Lara, V.F., Hernández, C.F.D., Alonso, C.Z., Frias, G.A. y Cepeda, S.M. 1996. Identificación de aislamientos de *Rhizoctonia* binucleadas afectando papa en Coahuila y Nuevo León. Resumen No. 112. Memorias del XXIII Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Guadalajara, Jalisco. P.112.
- Lasseron-de Falandre, A., Daboussi, M. And Leroux, P. 1991. Inheritance of resistance to fenpropimorph and terbinafine, two sterol biosynthesis inhibitor, in *Nectria haematococca*. Phytopathology. 81:1432-1438.

- Leach, S.S. and Murdoch, C.W. 1985. Evaluation of thiabendazol and pentacloronitrobenzene for control of the *Rhizoctonia* disease complex on white potato (*Solanum tuberosum* L). Am. Pot. J. 62:459-468.
- Leach, S.S. and Webb, R.S. 1993. Evaluation of potato cultivars, clones and a true seed population for resistance to *Rhizoctonia solani*. Am. Pot. J. 70:317-318.
- León, G.H. 1978. Enfermedades de cultivos en el estado de Sinaloa. SARH.p.102-103.
- Martin, S.B., Lucas, L.T. and Campbell, C.L. 1984. Comparative sensitivity of *Rhizoctonia solani* and *Rhizoctonia*-like fungi to selected fungicides in vitro. Phytopathology. 74:778-781.
- Martin, S.B. and Lucas, L.T. 1984. Characterization and pathogenicity of *Rhizoctonia* spp. and binucleate *Rhizoctonia*-like fungi from turfgrasses in North Carolina. Phytopathology. 74:170-175.
- McKenzie, D.R. 1978. Estimating parasitic fitness. Phytopathology. 68:9-13.
- McPhee, W.J. and Nestmann, E.R. 1983. Predicting potential fungicide resistance in fungal population by using a continuous culturing technique. Phytopathology. 73:1230-1233.
- Mendoza, Z.C. y Pinto, B. 1983. Principios de fitopatología y enfermedades causadas por hongos. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 311p.
- Milgroom, M.G., Levin, S.A. and Fry, W.E. 1989. Population genetics theory and fungicide resistance. Pages 341-367 in: Plant Dis. Epidemiol. Vol 2. K.J. Leonard and W.E. Fry, ed. McGraw-Hill, New York.
- Miyagi, Y. Hirooka, T. and Araki, F. 1986. Relative parasitic fitness of isolates of *Pyricularia oryzae* Cav. with different sensitivities to fungicides. Pestic. Sci. 17:653-658.
- Moore, R.T. 1987. The genera of *Rhizoctonia*-like fungi: *Ascorhizoctonia*, *Ceratorhiza* gen. nov., *Epulorhiza* gen. nov., *Moniliopsis* and *Rhizoctonia*. Mycotaxon 29:91-99.
- Motoba, K., Uchida, M and Tada, E. 1988. Mode of antifungal action and selectivity of fluotolonil. Agricultural and Biological Chemistry 52:(6) 1445-1449; 18ref.
- Muyolo, N.G., Lipps, P.E. and Schmitthenner, A.F. 1993. Anastomosis grouping and variation in virulence among isolates of *Rhizoctonia solani* associated with dry bean and soybean in Ohio and Zaire. Phytopathology. 83(4):438-444.

- Narro, F.E. 1986. Investigación y análisis de la problemática de la papa. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 189p.
- Nuninger-Ney, C., Schwinn, F.J. and Staub, T. 1989. In vitro selection of sterol-biosynthesis inhibitor (SBI)-resistant mutants in *Monilinia fructicola* (Wint) Honey. Neth. J. Plant Pathol. 95:137-150.
- Ogawa, J.M., Gilpatrick, J.D. and Chirappa, L. 1977. Review of plants pathogens resistant to fungicides and bactericides. FAO Plant Prot. Bull. 25:97-111.
- Ogoshi, A. 1985. Anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* and binucleate *Rhizoctonia*. Fitopathology. Bras. 10:371-390.
- Ogoshi, A. 1987. Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kühn. Ann. Rev. Phytopathol. 25:125-143.
- Olaya, G. and Abawi, G. 1992. In-vitro sensitivity of *Rhizoctonia solani* isolates to fungicides and control of pocket rot of table beets with foliar sprays. Phytopathology. 82(10): 1069.
- Olaya, G., Abawy, G.S. and Barnard, J. 1994. Response of *Rhizoctonia solani* and binucleate *Rhizoctonia* to five fungicides and control of pocket rot of table beets with foliar sprays. Plant Dis. 78:1033-1037.
- Peever, T.L. and Milgroom, M.G. 1993. Genetic correlations in resistance to sterol biosynthesis-inhibiting fungicides in *Pyrenophora teres*. Phytopathol. 83:1076-1082.
- Peever, T.L. and Milgroom, M.G. 1994. Lack of correlation between fitness and resistance to sterol biosynthesis-inhibiting fungicides in *Pyrenophora teres*. Phytopathology. 84(5) :515- 519.
- Ramírez, G.M.E. y Quito, L.T. 1993. Métodos estadísticos no paramétricos. Universidad Autónoma de Chapingo. México. P. 107-119.
- Robert, A.D. y Boothroyd, C.W. 1978. Fundamentos de fitopatología vegetal. Ed. Acribia. España. 392p.
- Roberts, D.L. and Stephens, C.T. 1991. Sensitivity of *Rhizoctonia solani* to experimental fungicide. NTN19701. Phytopathology. 74:854.
- Romero, C.S. 1988. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 347p.

- Ross, R.G. and Newbery, R.J. 1977. Tolerance of *Venturia inaequalis* to dodine in Nova Scotia. Can. Plant Dis. Surv. 57:57-70.
- Sarasola, A.A. y Sarasola, M.A. 1975. Fitopatología. Curso moderno. Tomo II. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 368p.
- Schultz, O and Crispin, M. 1989. *Rhizoctonia* disease. in: A guide to monitoring potato pest in New York States. Petzoldt, C.H. (ed). Integrated Pest Management Program. USA. No. 107
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1995. Sistema de producción de papa. México. 33p.
- Secretaría de Educación Pública. 1982. Papas (Manual para la Educación Agropecuaria) Ed.Trillas. México. 54p.
- Sharom, M.S. and Edginton, L.V. 1982. The adsorption, mobility and persistence of metalaxil in soil and aqueous systems. Can. J. Plant Pathol. 4:334-340.
- Shaw, M.W. 1989. A model of the evolution of polygenically controlled fungicide resistance. Plant Pathol. 5:125-134.
- Smilanick, J.L. and Eckert, J.W. 1986. Growth, sporulation, and virulence of isolates of *Penicillium digitatum* resistant to the fungicide *sec*-butylamine. Phytopathology. 76:805- 808.
- Snedecor, G.W. y Cochran, W.G. 1970. Métodos estadísticos. Ed. CECSA. México. 703p.
- Sneh, B., Burpee, L. and Ogoshi, A. 1991. Identification of *Rhizoctonia* species. The Am. Phytopathol. Soc. St. Paul, MN. USA. 133p.
- Song, B.H., Jeong, Y.H., Kang, C.S. and Park, H.M. 1987. Stability and efficacy of mixed pesticides to control sheath blight and brown planthopper. Mycology 29(1) 266-272.
- Staub, T., Dahmen, H., Urech, P. And Schwin, F. 1979. Failure to select for in vivo resistance in *Phytophthora infestans* to acylalanine fungicides. Plant Dis. Rep. 63:385-389.
- Thomson, W.T. 1993. Agricultural chemicals: Book IV-Fungicides. Revisión 1993-1994. Thomsom Publications. U.S.A. 226 p.

- Tooley, P.W., Sweigard, J.A. and Fry, W.E. 1986. Fitness and virulence of *Phytophthora infestans* isolates from sexual and asexual populations. *Phytopathology*. 76:1209-1212.
- Valadéz, L.A. 1996. Producción de hortalizas. Ed. Limusa. 5a. reimpresión. México. 297p.
- Van der Hoeven, E.P. and Bollen, G.J. 1980. Effect of benomyl on soil fungi associated with rye. Effect on the incidence of sharp eyespot caused by *Rhizoctonia cerealis*. *Neth. J. Plant Pathol.* 86:163-180.
- Vanderplank, J.E. 1963. Epidemics and control. Academic Press, New York, NY, USA. 349p.
- Walker, J.C. 1959. Enfermedades de las hortalizas. Ed. Salvat. Barcelona. P.20.
- Walker, J.C. 1975. Patología vegetal. 3a. Edición. Ed. Omega. Barcelona, España. 818p.
- Webber, J.F. 1988. Effect of MBC fungicide tolerance on the fitness of *Ophiostoma ulmi*. *Plant Pathol.* 37:217-224.
- Windels, C.E. and Nabben, D. 1989. Characterization and pathogenicity of anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* isolated from *Beta vulgaris*. *Phytopathology*. 79(1): 83-88.
- Wolfe, M.S. 1971. Fungicide and the fungus population problem. *Proc. 6th Insectic. Fungic. Conf. Plant Breeding*, Cambridge, England.
- Wolfe, M.S. 1975. Pathogen response to fungicide use. *Procc. Seventh Brit. Crop Prot. Conf.* 3:813-822.
- Zimmer, R.C. and Russell, W.A. 1981. *Rhizoctonia* disease on netted gem potatoes in Southern in 1980. *Can. Plant Dis. Surv.* 61(2):39-40.

APENDICE

Cuadro A.1 Análisis de varianza para la incidencia de cepas de *R. solani* y *R. cerealis* en tallos de papa variedad Alpha.

FV	GL	SC	CM	F
Aislamientos	10	252.0713343	25.2071334	3.38*
Error	22	163.9163817	7.4507446	
Total	32	415.9877160		

C.V. 34.68473

* Significativo al $P < 0.05$

** Altamente significativo al $P < 0.01$

^{NS} No significativo

Cuadro A.2 Análisis de varianza para la severidad de cepas de *R. solani* y *R. cerealis* en tallos de papa variedad Alpha.

FV	GL	SC	CM	F
Aislamientos	10	6.74198681	0.67419868	3.27*
Error	22	4.53182587	0.20599209	
Total	32	11.27381268		

C.V. 23.14735

* Significativo al $P = 0.05$

** Altamente significativo al $P = 0.01$

^{NS} No significativo

Cuadro A.3 Rangos asignados a la muestra combinada de los datos de severidad en la prueba de Kruskal-Wallis.

REP	cepa - rango GNL	cepa - rango NNL	cepa - rango EZC	cepa - rango ATC	cepa - rango ACH	cepa - rango LCH	cepa - rango AVT	cepa - rango GTO	cepa - rango RB1	cepa - rango RB2
I	5.0 27	5.0 27	4.67 18	3.75 10	5.0 27	5.0 27	2.0 7	4.0 12.5	0.0 2.5	5.0 27
II	5.0 27	5.0 27	4.67 27	4.67 18	0.2 5	4.67 18	2.25 8	4.0 12.5	5.0 27	5.0 27
III	5.0 27	5.0 27	5.0 27	4.0 12.5	4.5 15	3.0 9	4.0 12.5	5.0 27	4.67 18	0.6 6
Ri	81	81	63	40.5	47	54	27.5	52	47.5	60
ni	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
R	27	27	21	13.5	15.66	18	9.16	17.3	15.83	20

Ri = Valor de la Σ de rangos asignado para cada observación.

ni = Número de repeticiones por tratamiento.

R = Valor total del rango (Ri/ni).

Cuadro A.4 Fórmulas utilizadas en la prueba de comparaciones múltiples de Dunn de las cepas de *R. solani* y *R. cerealis* para el factor severidad en papa variedad Alpha en la prueba de Kruskal-Wallis ^a

CEPAS-RANGOS	(u, v) ^b	(R _u -R _v) COMPARADOR	(1/n _u + 1/n _v) ^{1/2}	$Z_{(1-\alpha/(k(k-1)))} \sqrt{N(N+1)/12}$ $\times \sqrt{(1/n_u + 1/n_v)^{1/2}}$
1.- GNL	27	1-10*	0.8165	(Z=1.96) (9.67) =18.95
2.- NNL	27	1-11*		
3.- EZC	21	2-10*		(0.8165) (Z=18.95)= 15.47
4.- RB2	20	2-11*		
5.- GTO	17.3	3-11*		Valor a superar =15.47
6.- LCH	18	4-11*		
7.- ACH	15.6	5-11*		
8.- RB1	15.8	6-11*		
9.- ATC	13.5			
10.- AVT	9.16			
11.- TEST	2.5			

^a Literales utilizadas en las formulas:

u /v = Tratamientos en contraste

R_u-R_v Comparador, rango de tratamiento _u vs rango de tratamiento _v

R_i = Valor de la Σ de rangos asignado para cada repetición.

R = Valor total del rango (R_i/n_i)

n_i = Número de repeticiones por tratamiento.

N = Número total de repeticiones.

k = Número de tratamientos.

*Tratamientos estadísticamente diferentes, según la prueba de comparaciones múltiples de Dunn, basada en la prueba de Kruskal-Wallis. Donde:
 $(R_u - R_v) \geq \{z(1-\alpha/(k(k-1))) \sqrt{N(N+1)/12} (1/n_u + 1/n_v)\}$

^b Tratamientos no contrastados son estadísticamente igual al no superar el valor de Z