

**POTENCIAL ANTIFÚNGICO DE CEPAS DE
Bacillus spp. Y EXTRACTO DE *Larrea tridentata*
CONTRA *Rhizoctonia solani* EN EL CULTIVO
DE LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.)**

LILIA CRUZ CHÁVEZ

**TESIS
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PARASITOLOGIA AGRÍCOLA**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

Diciembre de 2004

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

Potencial antifúngico de cepas de *Bacillus* spp. y extracto de *Larrea tridentata* contra *Rhizoctonia solani* en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.)

TESIS

POR

LILIA CRUZ CHÁVEZ

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA**

COMITÉ PARTICULAR

**Asesor principal: _____
Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo**

**Asesor: _____
Dr. Gabriel Gallegos Morales**

**Asesor: _____
Dr. Ricardo Hugo Lira Saldivar**

**Asesor: _____
M.C. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda**

**Asesor: _____
M.C. Emilio Padrón Corral**

**Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Postgrado**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Diciembre de 2004.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, Por darme la vida y la oportunidad de disfrutar de ella.

A MI ALMA MATER: Por darme los medios necesarios para terminar la maestría

AL CONACYT: Por el apoyo económico durante la maestría.

AL DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA Y AL PERSONAL QUE EN ÉL LABORA. Gracias por el apoyo brindado durante mi estancia.

Al Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo por aceptar ser mi asesor, por su apoyo y paciencia durante la realización de este trabajo.

Al Dr. Ricardo Hugo Lira Saldivar por su gran ayuda y sus valiosas sugerencias brindadas durante la realización de este trabajo.

Al Dr. Gabriel Gallegos Morales por su apoyo y sugerencias en la realización de este trabajo

A la M.C. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda, por su apoyo incondicional y sobre todo por su gran amistad.

Al M.C. Emilio Padrón Corral por su haber aceptado a formar parte del comité de asesores y por su disponibilidad en la revisión de este trabajo.

Al Ing. Juan. Encargado del rancho “el Texano”. Por su gran apoyo durante el la relizacion del experimento de campo. Mil gracias.

A MIS AMIGOS:, Adalberto, Caty, Memo, Valentín, Ingrid, Raquel. Teo, Blanca Mares, Cristy, Silvia Ovalle, Lupita Ovalle, Lourdes Hernández,. Gracias por estar conmigo en todo momento.

Y especialmente a **Danielito** por apoyarme a establecer el experimento en campo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

**Sr. Venancio Cruz Santiago
Sra. Ursula Chávez Salazar**

Gracias por traerme al mundo, por sus consejos y palabras de aliento, por enseñarme que nada es imposible que querer es poder, por estar siempre conmigo y por apoyarme a llevar acabo mis proyecto y anhelos.

A MIS HERMANOS:

Efrén, Virginia (+), Beatriz, Gabino y Rigoberto, por el apoyo moral y económico, por todo sus sacrificio y esfuerzos, que sin ello no hubiera logrado llegar a este momento tan importante en mi vida, pero sobre todo por la confianza depositada en mi. No tengo palabras para agradecerles todo lo que han hecho por mi...los quiero mucho. Mil gracias.

A MIS HERMANOS QUE SE ME ADELANTARON: María victoria, María de Jesús, Javier, Ricardo, Leonor y Vicky. Dios los bendiga.

A Esmeralda, gracias por enseñarme que una amistad verdadera es lo más valioso que puede uno tener, por estar conmigo y con mi familia cuando más te hemos necesitado.

A la M.C. Ma. Elizabeth Galindo Cepeda, no tengo palabras para agradecerle su amistad brindada durante mi estancia en la Universidad.

A Jaime Eduardo Martínez, por la amistad y confianza depositada en mí.

A MIS SOBRINOS

Vladimir, Pavel, Francisco y al que viene en camino, por ser la alegría de la familia.

Una dedicatoria muy especial a los alumnos los Cursos Introducción a la Ciencia de las Malezas (Parasitología) y Control de Malezas (Producción), Enero-Junio 2004. Gracias por su confianza y paciencia.

COMPENDIO

Potencial antifúngico de cepas de *Bacillus* spp. y extracto de *Larrea tridentata* contra *Rhizoctonia solani* en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.)

POR

LILIA CRUZ CHÁVEZ

MAESTRÍA EN CIENCIAS
PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE 2004.

Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo -Asesor-

Palabras claves: Bacterias antagonistas, control biológico, extractos vegetales, papa.

Uno de los factores que limitan la producción del cultivo de la papa en México lo constituyen las enfermedades de raíz ocasionadas por: *Verticillium* spp., *Fusarium* spp., *Colletotrichum atramentarium* y *Rhizoctonia solani*. Este último patógeno ocasiona pérdidas que varían del 7 a 64 por ciento además de generar problemas de comercialización del producto. En México sin embargo, la tendencia hacia el uso casi único y excesivo de plaguicidas sintéticos aun persiste. Por todo lo anterior se realizaron investigaciones en condiciones de laboratorio, invernadero y campo con la finalidad de analizar el efecto de tres cepas de bacterias esporuladas del género *Bacillus* spp., un extracto de *Larrea*

tridentata, la mezcla de las tres cepas de bacterias y la mezcla de las cepas bacterianas con el extracto de *Larrea tridentata* contra *R. solani*. Los resultados indican que los aislamientos de *Bacillus* mostraron una clara actividad antifúngica al igual que el extracto de *L. tridentata*. Las cepas de *Bacillus* sobresalieron además por su efecto estimulador del crecimiento de las plantas y del rendimiento de papa, también se detectó un efecto sinérgico al mezclar *Bacillus* con el extracto de *Larrea*; un efecto potenciador similar se observó al aplicar la mezcla de las cepas B3, B9 y B15. Los resultados obtenidos con aislamientos de *Bacillus* son alentadores, ya que sugieren que pudiesen ser utilizados para apoyar programas de control biológico de *R. solani*, pero es necesario continuar con mas trabajos *in vivo* para validar estos resultados.

ABSTRACT

Potential antifungal of strains from *Bacillus* spp. and extract from *Larrea tridentata* against *Rhizoctonia solani* in the potato crop (*Solanum tuberosum* L.)

BY

LILIA CRUZ CHÁVEZ

MASTER IN SCIENCES

AGRICULTURAL PARASITHOLOGY

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DECEMBER 2004 .

Dr. Francisco Daniel Hernández Castillo -Advisor-

Keys words: Antagonist bacteria, biological control, vegetables extract, potato.

One of the many factors limiting potato production in Mexico are root diseases caused by *Verticillium* spp., *Fusarium* spp., *Colletotrichum atramentarium* and *Rhizoctonia solani*. This last plant pathogen cause losses in the range of 7 to 64 percent, but also generate problems to commercialize the harvested product. However, in Mexico the tendency toward the use of excessive amounts of synthetic pesticides only, is prevailing among other options. Based on that, several experiments were realized under laboratory, greenhouse and field conditions, with the aim of analyze the effect of three strains sporulated bacteria belonging to the genus *Bacillus* spp.; one *Larrea tridentata* extract; the mixture of three bacteria strains, and the combination of these bacteria strains plus *L.*

tridentata extract, against *R. solani*. Results indicate that *Bacillus* isolates showed a clear antifungal activity, as well *L. tridentata* extract. *Bacillus* strains also surpassed the expectations because demonstrated to stimulate potato plants growth; in addition, a synergistic effect was detected when *Bacillus* strains were combined with *Larrea* extract; a similar stimulator effect was detected when the mixture of strains B3, B9 and B15 were applied. The obtained results with *Bacillus* isolates are motivating, since they suggest that the strains could be utilized to promote biological control programs against *R solani*, but it is necessary to continue with more *in vivo* research in order to validate these findings.

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN -----	1
REVISIÓN DE LITERATURA -----	4
Costra negra de la Papa <i>Rhizoctonia solani</i> Kühn -----	4
Importancia -----	4
Ubicación Taxonómica -----	5
Características Morfológicas -----	5
Características Epidemiológicas -----	6
Grupos de Anastomosis -----	7
Sintomatología -----	8
Ciclo de la enfermedad -----	11
Manejo de <i>Rhizoctonia solani</i> -----	12
Control cultural-----	12
Control químico-----	14
Control biológico-----	14
Control genético-----	15
Control Biológico de Fitopatógenos -----	16
Historia e Importancia del Control Biológico -----	16
Agentes del control biológico -----	17
Mecanismos del control biológico -----	18
Competencia-----	18
Antibiosis-----	18
Inhibición-----	19
Uso de Bacterias en el Control Biológico -----	19
Características de <i>Bacillus</i> -----	19
Forma de acción de <i>Bacillus</i> -----	20
Control biológico con <i>Bacillus</i> spp. -----	20
Antecedentes del Control Biológico de <i>R. solani</i> -----	21
Uso de Extractos Vegetales para Control de Fitopatógenos -----	22
Uso de Extracto de Gobernadora <i>Larrea tridentata</i> para Control de Fitopatógenos -----	24
ARTÍCULO: Potencial antifúngico de cepas de <i>Bacillus</i> spp. y extracto de <i>Larrea tridentata</i> contra <i>Rhizoctonia solani</i> en el cultivo de la papa (<i>Solanum tuberosum</i> L.) -----	25
CONCLUSIONES GENERALES -----	39
LITERATURA CITADA -----	40
APÉNDICE -----	47

INDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

Cuadro A 1.- Inhibición del crecimiento micelial (expresado en por ciento) <i>in vitro</i> de <i>Rhizoctonia solani</i> con cepas de <i>Bacillus</i> spp. y extracto de <i>Larrea tridentata</i> -----	48
Cuadro A 2.-Transformación de la inhibición del crecimiento micelial (expresado en por ciento) <i>in vitro</i> de <i>Rhizoctonia solani</i> con cepas de <i>Bacillus</i> spp. y extracto de <i>Larrea tridentata</i> . arcseno (x+1) .-----	48
Cuadro A 3.- Análisis de Varianza de la inhibición del crecimiento micelial (expresado en por ciento) <i>in vitro</i> de <i>Rhizoctonia solani</i> con cepas de <i>Bacillus</i> spp. y extracto de <i>Larrea tridentata</i> .-----	49
Cuadro A 4.- Severidad de <i>Rhizoctonia solani</i> en tallos de papa a los 60 días después de la siembra. -----	50
Cuadro A 5.- Transformación de Severidad de <i>Rhizoctonia solani</i> en tallos de papa a los 60 días después de la siembra. arcseno (x) . -----	50
Cuadro A 6.- Análisis de Varianza de severidad de <i>Rhizoctonia solani</i> en tallos de papa a los 60 días después de la siembra.-----	51
Cuadro A 7.- Peso fresco (expresado en gramos) de los tallos de papa a los 60 días después de la siembra. -----	51
Cuadro A 8.- Transformación de peso fresco (expresado en gramos) de los tallos de papa a los 60 días después de la siembra. \sqrt{x} -----	52
Cuadro A 9.- Análisis de varianza del peso fresco (expresado en gramos) de los tallos de papa a los 60 días después de la siembra. -----	52
Cuadro A 10.- Peso fresco (expresado en gramos) del follaje a los 60 días después de la siembra. -----	53
Cuadro A 11.- Transformación del Peso fresco (expresado en gramos) de follaje a los 60 días después de la siembra. \sqrt{x} -----	53
Cuadro A 12.- Análisis de varianza Peso fresco (expresado en gramos) de follaje a los 60 días después de la siembra. -----	54
Cuadro A 13.- Incidencia (expresado en por ciento) de <i>R. solani</i> en tallos de papa a los 60 días después de la siembra. -----	55
Cuadro A 14.- Transformación de la Incidencia (expresado en por ciento) de <i>R. solani</i> en tallos de papa a los 60 días después de la siembra. arcseno (x) . -----	55

Cuadro A 15.- Incidencia (expresado en por ciento) de <i>R. solani</i> en tallos de papa a los 60 días después de la siembra. -----	56
Cuadro A 16.- Incidencia (expresado en por ciento) de <i>R. solani</i> en tubérculo de papa obtenidos a la cosecha. -----	56
Cuadro A 17.- Transformación de la Incidencia (expresado en por ciento) de <i>R. solani</i> en tubérculos de papa obtenidos a la cosecha. arcseno (x) . -----	57
Cuadro A 18.- Análisis de Varianza de la Incidencia (expresado en por ciento) de <i>R. solani</i> en tubérculos de papa obtenidos a la cosecha.----	57
Cuadro A 19.- Tubérculos de papa (expresado en por ciento) con severidad leve (15-20 esclerocios) de <i>Rhizoctonia solani</i> obtenidos al momento de la cosecha. -----	58
Cuadro A 20 .- Análisis de Varianza de tubérculos de papa (expresado en por ciento) con severidad leve (15-20 esclerocios) de <i>Rhizoctonia solani</i> obtenidos al momento de la cosecha. -----	58
Cuadro A 21.- Tubérculos de papa (expresado en por ciento) con severidad mediana (20-30 esclerocios) de <i>Rhizoctonia solani</i> obtenidos al momento de la cosecha. -----	59
Cuadro A 22.- Transformación de Tubérculos de papa (expresado en por ciento) con severidad mediana (20-30 esclerocios) de <i>Rhizoctonia solani</i> obtenidos al momento de la cosecha. arcseno (x+1) . -----	59
Cuadro A 23.- Análisis de Varianza de Tubérculos de papa (expresado en por ciento) con severidad mediana (20-30 esclerocios) de <i>Rhizoctonia solani</i> obtenidos al momento de la cosecha. -----	60
Cuadro A 24.- Tubérculos de papa (expresado en por ciento) con severidad severa (mas de 30 esclerocios) de <i>Rhizoctonia solani</i> obtenidos al momento de la cosecha.-----	60
Cuadro A 25.- Transformación de Tubérculos de papa (expresado en por ciento) con severidad severa (mas de 30 esclerocios) de <i>Rhizoctonia solani</i> obtenidos al momento de la cosecha. arcseno (x+1) . -----	61
Cuadro A 26.- Análisis de Varianza Tubérculos de papa (expresado en por ciento) con severidad severa (mas de 30 esclerocios) de <i>Rhizoctonia solani</i> obtenidos al momento de la cosecha.-----	61
Cuadro A 27.- Rendimiento de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) obtenidos al momento de la cosecha.-----	62

Cuadro A 28.- Análisis de Varianza del Rendimiento de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) obtenidos al momento de la cosecha. -----	62
Cuadro A 29.- Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría gigante (85mm) obtenidos al momento de la cosecha.-----	63
Cuadro A 30.- Transformación del Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría gigante (85mm) obtenidos al momento de la cosecha. $\sqrt{X+0.3}$ -----	63
Cuadro A 31.- Análisis de Varianza del Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría gigante (85mm) obtenidos al momento de la cosecha) -----	64
Cuadro A 32.- Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría primera (55-85mm) obtenidos al momento de la cosecha. ---	64
Cuadro A 33.- Transformación del Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría primera (55-85mm) obtenidos al momento de la cosecha. \sqrt{X} -----	65
Cuadro A 34.- Análisis de Varianza del Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría primera (55-85mm) obtenidos al momento de la cosecha. -----	65
Cuadro A 35.- Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría segunda (35-55mm) obtenidos al momento de la cosecha.--	66
Cuadro A.36.- Transformación del Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría segunda (35-55mm) obtenidos al momento de la cosecha. \sqrt{X} -----	66
Cuadro A 37.- Análisis de Varianza del Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría segunda (35-55mm) obtenidos al momento de la cosecha. \sqrt{X} .-----	67
Cuadro A 38.- Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría tercera clase (20-35mm) obtenidos al momento de la cosecha.-----	67
Cuadro A 39.- Transformación del Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría tercera clase (20-35mm) obtenidos al momento de la cosecha. \sqrt{X} . -----	68

Cuadro A 40.- Análisis de Varianza del Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría tercera clase (20-35mm) obtenidos al momento de la cosecha. -----	68
Cuadro A 41.- Escala de severidad de R. solani en tallos de papa propuesta por Carling y Leiner (1990) utilizada a los 60 días después de la siembra en invernadero y campo. -----	69
Cuadro A 42.- Escala de severidad de R. solani en tubérculos de papa propuesta por Alonso (1992) utilizado al momento de la cosecha. ---- -----	69
Cuadro A 43.- Categorías empleadas en la clasificación de los tubérculos obtenidos al momento de la cosecha para medir la calidad de la cosecha. Escala propuesta por Alonso (1992).-----	69

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la papa (*Solanum tuberosum* L.) ocupa el cuarto lugar en la alimentación mundial, superado solo por las gramíneas como el arroz, trigo y maíz (SAGARPA, 2002). La producción mundial de este cultivo es de 308,216,59 ton con un rendimiento promedio de 16.45 ton/ha (FAO,2001). En México se siembran aproximadamente 52,874 ha en 22 estados obteniendo una producción total de 1,221.98 ton con un rendimiento de 23.63 ton/ ha. A nivel estatal se siembra 1,405 ha obteniendo una producción total de 52,266 ton con un rendimiento de 27.5 ton/ha (INEGI, 2002). Las principales regiones productoras de papa en México son Guanajuato, Sinaloa, Sonora, Estado de México, Puebla, Coahuila, Chihuahua, Jalisco, Michoacán y Veracruz (Virgen *et al.*, 2001; Pérez, 2000).

Entre los principales problemas que limitan la producción de la papa están las enfermedades, entre estas podemos mencionar a las causadas por hongos, bacterias, nematodos, fitoplasmas, virus y viroides, los cuales ocasionan pérdidas tanto en su rendimiento como en su calidad. Algunas de las enfermedades más importantes en este cultivo son las causadas por stramenopilas y por hongos como son:

Phytophthora infestans, *Alternaria solani*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia solani* las cuales son consideradas como nativas del suelo (Jeger *et al.*, 1996). Este último patógeno es la que más afecta la calidad de la cosecha debido a la formación de esclerocios en la superficie de los tubérculos, lo cual repercute en el precio. Los costos de producción de este cultivo en nuestro país son muy altos, para 1999 oscilaban en \$85,000 por hectárea, ello se debe fundamentalmente al uso de agroquímicos, para el combate de las enfermedades. Dada la incidencia de los problemas fitopatológicos de la papa, el número de aplicaciones de agroquímicos es considerable lo que trae como consecuencia un gran incremento en los costos de producción, contaminación al medio ambiente y del producto final para el consumo humano (Olivera *et al.*, 2002). En México el cultivo de la papa es el que más funguicida utiliza destinándose principalmente para el control de *Phytophthora infestans* y *Rhizoctonia solani* (Virgen, 2001).

El control biológico se considera como una alternativa para el manejo de enfermedades de plantas y ha sido enfocado principalmente a los patógenos habitantes del suelo (rizósfera), de ahí que la mayoría de los productos comerciales se orientan a biocontrol de este tipo de patógenos. Algunos ejemplos son: *Phlebia giganteae*, *Trichoderma sp.*, *Chondrostereum purpureum*, *Endothia parasitica*, *Verticillium malthoseiu*, *Pythium oligandrum*, *Pseudomonas fluorescens*, *Agrobacterium radiobacter* y *Bacillus spp.* (Zavaleta *et al.*, 1992). Otra de las alternativas es el uso de extractos vegetales debido a las propiedades antifúngicas que han mostrado en los últimos años. Es necesario

buscar alternativas para el manejo de las enfermedades, tomando en cuenta que hay que reducir el impacto sobre el medio ambiente, al humano y al producto a consumir, es por ello que el presente trabajo se planteo como objetivo: evaluar el efecto antifúngico contra *R. solani* de bacterias esporuladas de *Bacillus* spp. de rizósfera de papa, un extracto de *L. tridentata* y el potencial de ambos bioproductos como promotor de crecimiento de plantas de papa *in vitro* e *in vivo*.

REVISIÓN DE LITERATURA

Costra Negra de la Papa *Rhizoctonia solani* Kühn.

Importancia

La costra negra de la papa causada por *Rhizoctonia solani* es una de las enfermedades más antiguas y de mayor dispersión a nivel mundial. Este fue descubierto y descrito por Kühn en Alemania en 1858. En 1901 Dugar y Stewarts lo reportaron por primera vez en América atacando papa (Rich, 1983). *R. solani* es un hongo que daña un amplio rango de hospederos que incluye a frutales, hortalizas, ornamentales, forestales, cultivos básicos y otros; ocasionando numerosas pérdidas (Smith *et al.*, 1992; Singleton *et al.*, 1992; Valádez, 1993). En México la enfermedad ha ocasionado pérdidas de 30 por ciento en la producción de lechuga (Gutiérrez y Romero, 1980) y en el cultivo del frijol causa pérdidas superiores al 50 por ciento (Campos, 1987). En el cultivo de la papa ataca a los tubérculos formando esclerocios de color negro o castaño oscuro, en forma de terrones. Ataca la parte inferior de la planta destruyendo raíces y tallos subterráneos esto manifiesta síntomas en el follaje como son amarillamiento de las hojas, posteriormente un color rojizo. Los tallos se engrosan al nivel del suelo y las yemas axilares comienzan a alargarse y

engrosarse originando tubérculos aéreos (Calderoni, 1978; Randall, 1993; De la Garza, 1996).

Ubicación Taxonómica

Alexopoulos y Mims (1979) clasifican a *R. solani* Kühn de la siguiente manera:

Reino.....Mycetae
 División.....Amastigomycota
 SubdivisiónDeuteromycotina
 Clase.....Deuteromycetes
 Subclase.....Hyphomycetide
 Orden.....Aganomycetales= Micelia sterilia
 Genero..... *Rhizoctonia*
 Especie.....*solani*

Características Morfológicas

Las características más típicas de *R. solani* es su ramificación en ángulo recto, con ligeras constricciones, formación de un septo en la rama cercana a su origen, presenta micelio de color café castaño o castaño oscuro, hifas con un diámetro que varia de 8 a 10 μ (Ogoshi, 1987; Hooker, 1990; Alexopoulos *et al.*, 1996). Éste patógeno rara vez produce el estado perfecto del basidiomiceto

conocido como *Tanathephorus cucumeris* (Anguis y Martín,1989). La etapa perfecta se forma cuando hay suficiente humedad presentando un aspecto de mildiu fino que se desarrolla sobre el suelo, hojas y tallos infectados que se encuentran por arriba de la superficie del suelo (Agrios,1988; Romero,1988). Los basidios tienen forma de barril formados en una capa membranosa de micelio presentando cuatro esterigmas. La reproducción o multiplicación se lleva acabo por medio de esclerocios, hifas y basidiosporas (Ogoshi, 1987; Thompson,1993; Alexopoulos *et al.*,1996).

Características Epidemiológicas

La severidad de la enfermedad depende de la temperatura, de la humedad del suelo y de los exudados de la planta y sus raíces, los cuales se ha encontrado que estimulan el crecimiento del micelio. La infección de las plantas por este hongo es más severa cuando el crecimiento es lento, crecen mejor en suelos moderadamente húmedos que en suelos secos. El desarrollo del hongo se produce entre los 9 y 27°C, el rango óptimo es de 15-20°C (Agrios,1988; Carling y Leiner, 1990; Randall,1993). El patógeno se mantiene de una temporada a otra en forma de esclerocios en el suelo y en la superficie de los tubérculos y como micelio en restos vegetales en el suelo (Roberts, 1978). La población de *R. solani* puede incrementarse cuando se cultiva papa en el mismo campo sucesivamente. Los esclerocios germinan cuando las condiciones ambientales son favorables (21° a 25° C y suelos húmedos). Los niveles altos de humedad y sobre todo la falta de drenaje, tienden también a

incrementar la formación de esclerocios sobre los tubérculos recién formados (Hooker, 1990; Randall, 1993). Bolkan (1980) menciona que a 18° C y en suelos húmedos, el patógeno ocasiona mas daños en tallos y brotes de papa.

Grupos de Anastomosis de *R. solani*

R. solani esta subdividido en grupos basados en la anastomosis hifal, la cual es una manifestación somática mostrando incompatibilidad entre aislamientos. La hifa de un aislamiento representando el mismo grupo de anastomosis (AG por sus en ingles) puede anastomarse con alguna otra del mismo grupo, pero no con hifas de grupos diferentes; actualmente hay 12 grupos de anastomosis conocidos (Carling y Leiner, 1990). La primera subdivisión natural de *R. solani* fue hecha en 1936 por Schultz, quien dividió las especies según la anastomosis hifal (Adams y Butler, 1979). Parmeter *et al.* (1969) reconocieron cuatro grupos de anastomosis AG-1, AG-2, AG-3 y AG-4. Los aislamientos de GA-3 son identificados como la principal causa de la enfermedad causada por *R. solani* en papa, aunque en recientes investigaciones ha llamado la atención la patogenicidad de aislamientos de AG-2, AG-4, AG-5 y AG-7 (Alonso *et al*, 1992) además de AG-2-1, AG-2-2 y AG-9 han sido asociados con plantas enfermas de papa. Los grupos de anastomosis restantes incluyendo AG-8, no han sido reportados en asociación con plantas de papa (Carling y Leiner, 1990). El GA3 se caracteriza porque en la superficie de los tubérculos forma esclerocios, soporta temperaturas bajas y afecta especialmente a la planta de papa y a las raíces de la cebada. El GA4, es el

más patogénico, no forma esclerocios, soporta temperaturas más altas y afecta a muchos cultivos incluyendo papa (Anguis y Martin, 1990; Bains y Bisht, 1995).

Sintomatología

R. solani causa un amplio rango de síntomas en la papa, que varían según el ambiente, la edad del hospedero y la parte de la planta afectada. El patógeno ataca los brotes jóvenes antes de la emergencia a menudo produciendo su muerte (Agrios,1988; Romero,1988; Hooker, 1990,). Causa necrosis en partes tiernas de plantas jóvenes, ataca tallos y estolones, patología conocida como “cancro o costra negra”. Los daños más severos a la planta se producen en primavera poco después de la plantación; el hongo afecta los brotes subterráneos anulando o retardando su emergencia, especialmente en suelos fríos y muy húmedos lo que da como resultado, desigualdad en el crecimiento, plantas débiles y fallas de emergencia (Mendoza y Pinto, 1983; Hooker, 1990; Randall,1993).

En Plántulas

La enfermedad afecta a plántulas procedentes de semilla botánica en el estado de pre y postemergencia. Cuando las plántulas de papa que han desarrollado en bandejas o en camas de almácigos son trasplantadas al campo, son severamente afectadas por un complejo de patógenos, entre los cuales se

encuentra *Rhizoctonia*. La muerte de plántulas trasplantadas, puede llegar en algunos casos hasta un 70%. Los brotes que emergen, igualmente se infectan, desarrollándose en la base del tallo un cancro el que puede presentar depresiones profundas produciendo un estrangulamiento de este, suscitándose una gran diversidad de síntomas, incluyendo retardo en el desarrollo de la planta, arrosetamiento del ápice, necrosis del tejido, pigmentación púrpura de las hojas y formación de tubérculos aéreos (Mendoza y Pinto, 1983; Martin y Torres, 1989).

En Tallos Subterráneos y Estolones

La enfermedad ataca a los estolones, ocasionando lesiones necróticas que pueden estrangularlos o matarlos (Hooker, 1990; Randall, 1993). Cuando esto ocurre, los tubérculos que están en pleno desarrollo se quedan pequeños y esto trae como consecuencia la reducción del rendimiento desde un 7 hasta un 64% (Carling *et al.*, 1986).

En Raíces

La enfermedad afecta a las raíces y como consecuencia produce enrollamiento de las hojas, clorosis, acumulación de antocianinas, arrosetamiento y poco desarrollo, formación de tubérculos aéreos y en ocasiones marchitamiento, daño de los tejidos vasculares y de las hojas apicales. En algunos casos este síntoma puede ser confundido con el producido

por el virus del enrollamiento de la papa (PLRV) (Agrios,1988; Romero,1988; Hooker, 1990).

En el Tallo

Presenta una capa miceliana de color blanco grisáceo en la base de los tallos, desde el nivel del suelo hacia arriba en una longitud aproximada de 10 cm. En esta capa se encuentran las estructuras que corresponden a la fase sexual del hongo, la misma que no produce ningún daño a la planta (Mendoza y Pinto, 1983; Hooker, 1990).

En Tubérculos

En la superficie de los tubérculos afectados se observa la presencia de costras negras, llamadas esclerocios que son las estructuras de conservación del hongo. Estos esclerocios le dan un mal aspecto a los tubérculos y le restan la calidad sanitaria. Sin embargo, la manifestación más común de la enfermedad es la reducción en la calidad de los tubérculos debido a su malformación y al desarrollo de esclerocios sobre ellos (Agrios, 1988; Hooker, 1990).

Ciclo de la Enfermedad

R. solani sobrevive en el suelo y en tubérculos en forma de esclerocios o como micelio en residuos de cosecha, se propaga con el agua de lluvia, riego y tubérculos infectados (Agrios, 1988; León,1988; Hooker,1990). El estado sexual (teleomorfo) de este patógeno, se presenta en la superficie de los tallos, sobre la línea del suelo, formando una capa blanquecina, sobre la cual se forman las basidiosporas, dándole a la superficie una apariencia polvorienta. El tejido en contacto con esta capa se presenta sano (Ogoshi,1987; Singleton,1992, Alexopoulos *et al.*, 1996). *Tanatheporus cucumeris* se distingue por una combinación de caracteres. El himenio es discontinuo y distintivo, los basidiosporas ovoides, elípticas, oblongas o arriñonadas, hialinas en forma de barril de 18 x 8 micras con cuatro esterigmas. Los esterigmas son fuertes y generalmente erguidos (Sneh *et al.*,1991). Al germinar los esclerocios, el hongo invade los brotes emergentes y tallos de papa, especialmente a través de heridas. Durante la etapa de crecimiento de las plantas, las raíces y los estolones son invadidos. La formación de esclerocios en los tubérculos nuevos se produce en cualquier momento, sin embargo, el mayor desarrollo se produce una vez que la planta esta muerta y los tubérculos han quedado bajo suelo por un tiempo prolongado (Roberts,1978; Agrios,1988).

El hongo se mantiene de un año a otro, como esclerocios y como micelio en residuos de cosecha que se encuentran en el suelo. En la siembra de papa

del siguiente año y en presencia de condiciones favorables de humedad, los esclerocios germinan y el micelio desarrolla infectando los brotes y tallos que se encuentran en estado de pre y/o postemergencia. Las raíces y los estolones son también afectados durante el desarrollo de las plantas. La formación de esclerocios sobre la superficie de los nuevos tubérculos ocurre en condiciones de suficiente humedad y temperatura óptima de 18°C, sin embargo, el máximo desarrollo de esclerocios se produce cuando los tubérculos que se encuentran listos para ser cosechados se mantienen en el campo por un tiempo prolongado.

Manejo de *R. solani*

Control Cultural

Harris(1978) menciona que el control cultural consiste en recurrir a modificaciones o cambios en las practicas desfavoreciendo las fases de la enfermedad disminuyendo así el inóculo viable a la cosecha. El uso de tubérculos libres de esclerocios (GA3) es una buena medida para evitar la infección de los brotes en estado de pre emergencia. Eliminar o quemar los restos de cosecha con la finalidad de eliminar el micelio del hongo que se encuentra en restos de tallos y estolones infectados en el campo después de la cosecha.

López (1989) determinó el efecto de extractos de crucíferas *in vitro* y residuos de las mismas en invernadero sobre el desarrollo de *R. solani*. En laboratorio utilizó concentraciones de extractos de 0, 500, 1000, 1500, 2000 ppm mientras que en invernadero utilizó diferentes partes de plantas (hoja, tallo y raíz) encontrando que las dosis de 100, 1500 ppm y el extracto de raíz afectaron más el desarrollo del hongo *in vitro* e invernadero respectivamente.

Romero (1988) menciona que para reducir los daños de *R. solani* debe atenderse a la selección del suelo con buen drenaje, eliminación de malezas, rotación de cultivos incluyendo pastos y cereales y manejo de fechas de siembra.

Martinson y Rehiyani (1991) determinaron que el uso de estiércol animal agregados a suelo infestados con esclerocios de *R. solani* puede reducir el potencial de la enfermedad.

Paredes (1989) recomienda una rotación de cultivos, excluyendo el cultivo de papa durante un periodo de 5 años, usar semilla sana y no usar como abono el estiércol proveniente de animales que se hayan alimentado con papa o plantas enfermas.

Control Químico

Romero (1988) menciona que el uso de fungicidas como PCNB a 12.5 kg/ha o benomyl a 1000 ppm en el campo pueden controlar la enfermedad.

Agrios (1988) señala que los fungicidas de contacto como mancozeb, anilazina, clorotalonil y sistémicos como carboxin y tiofanato de metilo proporcionan un control de la enfermedad.

Hooker (1990) menciona que el uso de semilla libre de la enfermedad combinada con el tratamiento de la semilla con fungicidas sistémicos como benomyl, tiabendazol o carboxin es eficiente, en el control de la enfermedad.

El uso de fungicidas (aplicados al suelo o como desinfectantes de tubérculos), no incrementa los rendimientos, pero, incrementa la calidad sanitaria de los tubérculos. Por otro lado, los fungicidas deberían utilizarse de acuerdo al GA presente. Algunos trabajos realizados han determinado que el Pencycuron controla eficientemente el GA3, pero aislamientos de GA-4 y GA-5 son tolerantes al fungicida; mientras que el tolclofos-methyl y fludioxonil inhibe eficientemente el GA-2, GA-4 y GA-5 (Olaya *et al.*, 1994)

Control Biológico

Cook (1985) define al control biológico como la reducción en la densidad del inóculo o de la actividad productora de la enfermedad de un patógeno en su

estado activo o dormante por uno o más organismos, realizado de manera natural o por manipulación del medio ambiente, hospedero o antagonista.

Odvody *et al.* (1980) determinaron que un hongo habitante del suelo identificado como *Corticium* sp. fue parasítico para *R. solani*.

Liu y Baker (1980) mencionan que a nivel de laboratorio existe antagonismo de *Trichoderma harzianum* contra *R. solani*, observando que las ramificaciones de *T. harzianum* son capaces de atacar y enrollarse alrededor de las hifas de este patógeno.

Sidhu y Young (1991) en experimentos realizados con *Laetisaria arvalis* (basidiomiceto habitante del suelo) observaron que se tiene un control efectivo de *R. solani* en invernadero y en campo.

Senhamou y Chet (1993) estudiaron la interacción de *Trichoderma harzianum* y *Rhizoctonia solani* con microscopio electrónico y encontraron que *Trichoderma harzianum* provoca una desorganización en la pared celular de *R. solani*.

Control Genético

En un examen hecho de semillas sexuales de papa se demostró que la resistencia de *R. solani* es posible; una línea de alta resistencia fue identificada por este método en donde se encontraron grados moderados de resistencia en líneas del Programa de Mejoramiento de Papa (BARC) del USDA. Las papas

tipos morado-rojizos produjeron un mayor porcentaje de líneas altamente resistentes que los blancos-redondos (Leach,1993; Simeón *et al.*, 1993).

Control Biológico de Fitopatógenos

Historia e Importancia del Control Biológico

El control biológico ha surgido en las últimas décadas como una alternativa para controlar fitopatógenos y principalmente han sido orientadas principalmente al control de patógenos habitantes del suelo (rizósfera). El control biológico de fitopatógenos se ha enfocado mediante antagonistas residentes o nativos y mediante la introducción de antagonistas (Andrew,1992). Algunos ejemplos son: *Agrobacterium radiobacter*, *Phlebia gigantea*, *Trichoderma sp.*, *Chondrostereum purpureum*, *Endothia parasitica*, *Pseudomonas fluorescens*, *Verticillium malthoseiu*, y *Pythium oligandrum* (Zavaleta *et al.*, 1992). En México son muy pocas las investigaciones que se han realizado sobre control biológico de fitopatógenos mediante microorganismos antagonistas. La mayoría de estas investigaciones han sido efectuadas en laboratorio o invernadero y muy pocos en campo. En la mayoría de los casos el modo de acción de los microorganismos con actividad de biocontrol ha sido la producción de metabolitos con actividad antibiótica, entre ellos, el genero *Bacillus* es un promisorio candidato, ya que se caracteriza por sintetizar péptidos con actividad antibacteriana y antifúngica. Una de las alternativas es el uso de bacterias como agentes de control biológico dada la

diversidad genética de *Bacillus*, tanto en el suelo como en la rizósfera, se les considera como colonizadores eficaces (Kin *et al.*, 1997). Uno de los usos de *B. subtilis* como agente de control biológico es mediante el tratamiento de semillas. Su efecto benéfico cuando se aplica junto a las semillas o en forma individual no se debe exclusivamente al antagonismo con los patógenos sino que influye positivamente en la germinación, desarrollo y rendimiento del cultivo debido a la producción de sustancias promotoras del crecimiento y al mejoramiento de la nutrición de las plantas.

Agentes del Control Biológico

Los agentes factibles para usarse en control biológico de patógenos en la rizósfera lo constituyen principalmente las rizobacterias y las micorrizas. Entre las rizobacterias que se han probado por sus efectos son: *Actinoplanes*, *Agrobacterium alcaligenes*, *Amorphosporangium*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Serratia*, *Streptomyces*, *Xanthomonas*, etc., (Weller, 1988). Algunos ejemplos exitosos del uso de microorganismos en la agricultura en los se han obtenido incrementos rentables son el trigo en Inglaterra, tanto en invernadero como en campo (Webster *et al.*, 1999; VanLenteren, 2000).

Mecanismos del Control Biológico

Competencia

Cuando dos especies ocupan un mismo hábitat y utilizan uno u otro de los mismos recursos, ambas poblaciones crecerán hasta un punto en que la mortalidad se equilibre con la reproducción (Nason y Dehaan, 1982). En la competencia por nutrientes proporcionados por los exudados de raíces y semillas probablemente ocurren muchas interacciones entre microorganismos patógenos y no patógenos (Weller,1988). Los microorganismos benéficos especialmente actinomicetos se incrementan principalmente con el uso de aditamentos orgánicos y compiten por la raíz (Sun y Huang,1985).

Antibiosis

Se considera como antagonismo medido por metabolitos específicos y no específicos de origen microbiano, por agentes líticos, enzimas, compuestos volátiles u otras sustancias tóxicas; puede considerarse como la relación de una especie A que produce una sustancia enemiga a la especie B, sin que la especie A derive cualquier beneficio directo. La antibiosis es la inhibición o destrucción de un organismo por el producto metabólico de otro. La palabra antagonismo fue introducida a la microbiología por primera vez en 1874 por Roberts al demostrar una acción antagónica entre *Penicillium graucum* y una bacteria (Baker,1987; De la Garza,1996).

Inhibición

Es la reducción del crecimiento microbiano o causa de una disminución del número de organismos presentes, o de alteraciones en el entorno microbiano (Madigan *et al.*, 1998).

Uso de bacterias antagonistas en el control biológico

Las bacterias del grupo de *Pseudomonas fluorescens* y las del género *Bacillus* son consideradas las más eficaces para controlar enfermedades foliares y de las raíces. Dada la diversidad genética en el género *Bacillus*, tanto en el suelo como en la rizosfera, se considera a estos microorganismos como colonizadores eficaces. Las potencialidades del género *Bacillus* sobre *P. fluorescens* han sido señaladas por Kin *et al.* (1997), quienes encontraron mayor emergencia y control de patógenos del trigo cuando utilizaron este género.

Características de *Bacillus* spp.

B. subtilis es un habitante del heno, polvo, leche, suelo y en el agua principalmente. Es una bacteria gram positiva, con ocho o doce flagelos peritricos. La forma de *B. subtilis* es de bastones rectos o curvos, con los extremos redondeados, su agrupamiento es aislado y algunas veces en cadenas cortas, su tamaño oscila entre 3 y 4 micras, su formación de esporas

es ecuatorial, dichas esporas son subterminales, ovales y germinan lateralmente, miden 1.2 X 0.6 micras. La temperatura máxima para el desarrollo de esta bacteria es de 37° C, es aerobia y anaerobia facultativa y sus esporas son capaces de resistir la ebullición durante horas (Bryan *et al.*, 1974).

Forma de Acción de *Bacillus*

B. subtilis produce su efecto inhibitorio sobre los fitopatógenos mediante dos procesos: a) es llamado ocupación de nicho, debido a la presencia de dicha bacteria en la superficie de la raíz metabolizando los exudados que pueden ser utilizados por los patógenos, b) es una extensión del primer proceso; como *Bacillus* crece en la superficie de las raíces, esto puede producir sustancias químicas que inhiben el desarrollo de los fitopatógenos (Gustafson, 1993).

Control Biológico con *Bacillus* spp.

Lazarete *et al.* (1994) utilizaron *B. subtilis* para controlar la pudrición radicular del frijol, la cual se evaluó comparando diferentes sustratos y se determino que en condiciones de laboratorio el tratamiento con turba fue el más eficaz y en condiciones de campo la formulación a base de pectina fue la que logra mejor control.

Brada *et al.* (1995) evaluaron el efecto de *Bacillus* sp. sobre la germinación y el desarrollo de semillas de tomate infestadas con *Fusarium oxysporium* var. *cubensis* .

Castellanos *et al.* (1995) evaluaron *B. subtilis* para el control de *Alternaria porri* en plantas de cebolla, alternando aplicaciones del producto biológico con las de los fungicidas zineb y oxiclورو de cobre, determinándose que los tratamientos que consistían en la combinación de fungicidas sintéticos y biológicos mostraron mejor control que el resto de los tratamientos.

Torres *et al.* (2001) realizaron pruebas in vitro con *Pseudomonas* sp. y *B. subtilis* aislados de plátano y arroz, respectivamente. Estos microorganismos mostraron la capacidad de inhibir el crecimiento de hongos fitopatógenos del suelo, tales como *Fusarium oxysporium*, f. s. *lycopersici*, *Pythium ultimum*, *R. solani*, *S. rolfsii*, *Phytophthora nicotianae*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium solani*.

Antecedentes del Control Biológico de *R. solani*

Dunleavy (1955) encontró un 90 por ciento de control de damping-off producido por *Rhizoctonia* con la bacteria *Bacillus subtilis*.

Experimentos realizados en Australia en macetas y en campo, indican que al tratar las semillas de trigo con *Bacillus subtilis* o *Streptomyces*, se reduce

el daño ocasionado por *R. solani* en macetas pero no ocurre lo mismo en campo (Brown, 1974).

Merriman *et al.* (1974) inocularon a la semilla de cereales y zanahoria, con las bacterias *B. subtilis* y *Streptomyces griseus*, para el control de *Rhizoctonia solani*; obteniendo un incremento de un 47 por ciento en la producción de zanahoria y se obtuvo un aumento en la germinación de cereales.

Yang, (1992) utilizó una cepa de *B. subtilis* aislada de la rizosfera de abeto chino y se encontró que inhibió el crecimiento de *R. solani*, además de otros nueve hongos fitopatógenos.

Virgen *et al.* (1996) lograron cierto control de *R. solani* con la aplicación de *Bacillus subtilis* en papa

Uso de Extractos Vegetales para Control de Fitopatógenos

En la naturaleza existe una gama de plantas que producen una diversidad de metabolitos secundarios tóxicos, tal característica les permite a estas plantas actuar como antagonistas de patógenos. Su potencial antagonista lo podemos explorar asociándolas con los cultivos y/o incorporando sus residuos al suelo, mediante preparación de extractos o infusiones a partir de sus tejidos (Montes *et al.*,1993; Díaz, 1994; Medrano *et al.*,1994). Algunos

ejemplos de plantas con propiedades antagonistas son: *Tagetes erecta*, *Crotalaria longirostrata*, *Brassica sp*, *chenopodium ambrosoides*, *Larrea tridentata*, entre otras (Zavaleta *et al.*, 1992; Campos *et al.*, 1994).

Salazar (1985) señala que la resina de alfombrilla *Dremaria adrenarioides* detiene el crecimiento de *Alternaria solani* y *R. solani*.

Campos y Vázquez (1994) realizaron pruebas con extractos vegetales con el hongo *R. solani* y encontraron que los extractos de *Quercus sp.* a las dosis más altas 1000 y 2000 ppm reducen el crecimiento del hongo en un 50-100 por ciento.

Padilla *et al.* (1995) encontraron que extractos hexánicos de *Quercus spp.* inhiben completamente el crecimiento micelial de *Colletotrichum lindemutianum*, *R. solani* y parcialmente el de *Sclerotium rolfsii* y *Pythium sp.*

Sandoval *et al.* (1995) utilizaron extractos de toronja como desinfectante contra *R. solani* y encontraron que inhibe el 100 por ciento del crecimiento micelial en medio de papa dextrosa agar (PDA) a concentraciones de 600-4800 ppm de ingrediente activo.

Zilch y Montes (1989) evaluaron extractos acuosos de diferentes plantas en la germinación de esporangios de *Phytophthora sp.* aislado de calabacita en Oaxaca. Los extractos de plantas que ejercieron un efecto inhibitorio positivo

fueron los obtenidos por *Bacharis salicifolia*, *Sanvitalia procuabens*, *Menta piperita*, *Crotalaria spectabilis*, *Pithecallobius dulce*, *Allium sativum*, *Portulaca oleracea* y *Eucalyptus globulus*.

Uso de extracto de gobernadora *Larrea tridentata* para control de fitopatógenos.

Hurtado (1979) y Velásquez (1981) indican que el ácido nordihidroguayuretico principal componente de la resina de gobernadora *Larrea tridentata* inhibe un 100 por ciento el crecimiento de *Pythium* sp. y *Rhizoctonia solani* a concentraciones de 500 y 1000 ppm.

González y Guevara (1990) determinaron que el extracto de *L. tridentata* presenta un efecto bactericida sobre *Pseudomonas solanacearum*.

Marcos (1996) en su estudio realizado concluye que el extracto etanólico de *L. tridentata* a concentraciones altas presenta una actividad funguicida.

Gamboa (1997) evaluó extractos acuosos de *L. tridentata* para prevenir el daño de la pudrición de raíz y corona en tomate causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* bajo condiciones de invernadero y encontró que hay una disminución de dicho patógeno.

Guzmán (2001) encontró que la resina de *L. tridentata* inhibe de un 79-100 por ciento a *Rhizoctonia solani* a 2000 ppm.

Potencial antifúngico de cepas de *Bacillus* spp. y extracto de *Larrea tridentata* contra *Rhizoctonia solani* en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.)

**Hernández-Castillo FD¹, L Cruz-Chávez¹, G Gallegos-Morales¹, RH Lira-Saldivar²,
Ma. E Galindo-Cepeda¹, E Padrón-Corral³**

¹Departamento de Parasitología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coah., México. Correspondencia: fdaniel@hotmail.com

²Centro de investigación en Química Aplicada. Saltillo, Coah., México CP 25100.

³Centro de Inv. en Matemáticas Aplicada. UA de C. Saltillo, Coah., México. CP 25280.

Resumen: El cultivo de la papa en México es el que más funguicidas requiere para prevenir y controlar diversas enfermedades, estimándose que en este cultivo se aplican el 21.3% del total de los funguicidas utilizados. Los pesticidas sintéticos se destinan principalmente para combatir los hongos *Phytophthora infestans* y *Rhizoctonia solani*, esto trae como consecuencia severos daños a la salud y a los ecosistema; es por eso que existe la necesidad de encontrar nuevas opciones para el manejo sustentable de los patógenos que atacan a este cultivos. Con base en lo antes señalado se realizaron investigaciones en condiciones de laboratorio, invernadero y campo con la finalidad de analizar el efecto antifúngico contra *R. solani* de tres cepas de bacterias esporuladas del género *Bacillus* spp. y de un extracto de *Larrea tridentata*. Los resultados indican que los aislamientos de *Bacillus* mostraron una clara actividad antifúngica al igual que el extracto de *L. tridentata*. Las cepas de *Bacillus* sobresalieron además por su efecto estimulador del crecimiento de las plantas y del rendimiento de papa, también se detectó un efecto sinérgico al mezclar *Bacillus* con el extracto de *Larrea*; un efecto potenciador similar se observó al aplicar la mezcla de las cepas B3, B9 y B15. Los resultados obtenidos con aislamientos de *Bacillus* son alentadores, ya que sugieren que pudiesen ser utilizados para apoyar programas de control biológico de *R. solani*, pero es necesario continuar con mas trabajos *in vivo* para validar estos resultados.

Palabras claves: Bacterias antagónicas, control biológico, extractos vegetales, papa.

Un factor que limita la producción del cultivo de la papa en México son las enfermedades de raíz ocasionadas por hongos de los géneros *Verticillium*, *Fusarium*, *Colletotrichum* y *Rhizoctonia*. Reportes indican que tan sólo *R. solani* ocasiona pérdidas en el rendimiento que varían del 7 al 64 %, ya que éste hongo ataca tallos subterráneos, raíces, estolones y tubérculos de papa (4). Debido al daño que ocasionan las frecuentes y excesivas aplicaciones de funguicidas sintéticos a los ecosistemas y a los humanos, se considera al control biológico como una buena alternativa para el manejo de enfermedades de plantas (27). La eficacia de organismos antagonistas contra hongos fitopatógenos ha sido demostrado en condiciones de campo para el biocontrol de enfermedades fungosas en cultivos de frijol (1, 2), vid (8) y otros. Las bacterias esporuladas del tipo *Bacillus* spp. son efectivas para inhibir el desarrollo de hongos como *Fusarium oxysporum* y *F. roseum* (9), *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora capsici*, *P. cactorum*, *Alternaria solani*, *A. alternata*, *Sclerotium cepivorum* y *Uromyces appendiculatus*, entre muchos otros (2, 13, 23). Además, algunos autores indican que ciertas especies de *Bacillus* spp. promueven el desarrollo de las plantas debido a la síntesis de auxinas, citoquininas, vitaminas y etileno (11, 24, 29). Otra opción al uso de funguicidas sintéticos para el manejo de enfermedades fungosas es el uso de extractos vegetales con propiedades antifúngicas.

En México se han evaluado 206 especies de plantas por su actividad contra muchas especies de hongos fitopatógenos, incluyendo pruebas de germinación de esporas, desarrollo micelial y esporulación, así como en pruebas de invernadero y campo (19). Entre estas plantas sobresale un arbusto endémico de las zonas áridas de México llamada gobernadora (*Larrea tridentata*), la cual produce en sus hojas una espesa resina conteniendo una abundante concentración de metabolitos secundarios bioactivos (3). De acuerdo con lo consignado por Lira-Saldivar (16) los extractos de *L. tridentata* han reportado actividad funguicida *in vitro* en al menos 17 hongos fitopatógenos de gran importancia económica; de igual manera, extractos y material vegetativo molido e incorporado al suelo han confirmado inhibir o controlar *in vivo* seis hongos en cultivos

agrícolas. Algunos estudios también han señalado el efecto nematicida o nematostático de *L. tridentata* contra nueve géneros de nemátodos y repelencia en un insecto. Con base en lo antes señalado, el objetivo del presente trabajo realizado bajo condiciones *in vitro* e *in vivo*, fue evaluar el efecto antifúngico contra *R. solani* de bacterias esporuladas de *Bacillus* spp. y de un extracto de *L. tridentata*, además se determinó el potencial de ambos bioproductos como promotores del crecimiento de plantas de papa.

MATERIALES Y METODOS

Aislamiento e incremento del material biológico y obtención del extracto de *L. tridentata*. La cepa de *R. solani* fue aislada de tallos necróticos de plantas de papa provenientes de lotes comerciales de este cultivo; la especie aislada fue identificada de acuerdo a las claves de Sneh *et al.* (37), el aislado posteriormente se purificó por punta de hifa de acuerdo la técnica reportada por Papavizas y Lewis (20). La cepa de *R. solani* se incrementó en cajas Petri conteniendo medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA), depositando al centro de las mismas un explante de 5 mm de diámetro, e incubándolas durante cuatro días a $24 \pm 2^\circ\text{C}$. Los aislados de *Bacillus* spp. identificados como B3, B9 y B15, se obtuvieron de la rizósfera del suelo de plantas de chile y papa obtenidas en zonas paperas de los estados de Coahuila y Nuevo León. El extracto de resina de hojas y tallos pequeños de *L. tridentata* se obtuvo mediante la metodología reportada previamente (16).

Actividad antifúngica *in vitro* de las cepas de *Bacillus* y del extracto de *L. tridentata*. Para realizar los bioensayos se colocó un explante de *R. solani* de 5 mm de diámetro al centro de una placa Petri con PDA; a una distancia de 3.5 cm en los cuatro puntos cardinales se colocó una asada de la bacteria a valorar. Para evaluar la acción antifúngica del fungicida sintético y del extracto de *L. tridentata* se mezclaron por separado cada material con el medio PDA. La concentración empleada de tiabendazol fue 1000 ppm, mientras que del extracto de *L. tridentata* se aplicaron las dosis de 2000 y 4000 ppm; además se evaluaron tres aislados de *Bacillus* spp. (B3, B9 y B15). Las cajas Petri con el medio envenenado se incubaron durante cinco días a $24 \pm 2^\circ\text{C}$. El bioensayo

se estableció mediante un diseño completamente al azar con seis tratamientos y cinco repeticiones. El efecto antagonista se determinó midiendo el crecimiento micelial del margen del micelio en dirección a la bacteria antagonista, hasta que el tratamiento testigo llenó por completo la placa. El valor obtenido del crecimiento micelial se transformó en porcentaje de inhibición mediante la ecuación: $PI = 100 - [(Cr * 100)/Rp]$, donde: PI = inhibición del crecimiento del hongo; Cr = crecimiento micelial del hongo (mm); Rp = radio de la placa.

Preparación del inóculo y producción de bacterias. El inóculo de *R. solani* se preparó en granos de trigo depositándose 700 ml de grano en un matraz Erlenmeyer al cual se le agrego agua hasta aforarlo a 1000 ml y se dejó remojar por 24 h, posteriormente se extrajeron los granos de trigo y se colocaron en cajas Petri de vidrio agregándoles 10 ml de caldo nutritivo. Después se colocaron en una autoclave para esterilizarlos durante una hora a 110°C y una presión de 15 lb, dejándose reposar posteriormente por 24 hrs. Finalmente los granos de trigo se inocularon con *R. solani* depositando dos explantes de 5 mm de diámetro en dichas cajas, las cuales se incubaron a una temperatura de 24°C por 20 días para permitir la colonización de las bacterias (15). Las diferentes cepas de bacterias del género *Bacillus* se sembraron en agar nutritivo (AN) y se incubaron a 35°C por cuatro días, al término de este tiempo se realizó una suspensión de las bacterias con la ayuda de un isopo estéril el cual se pasó en la caja Petri que contenía las colonias bacterianas, posteriormente se depositaron en un tubo de ensaye con 50 ml de agua destilada estéril y se ajustó para obtener una concentración bacteriana de 1×10^6 ufc/ml.

Establecimiento y aplicación de los tratamientos en invernadero. Para este ensayo se emplearon tubérculos de papa variedad César los cuales se desinfectaron previamente con hipoclorito de sodio al 3%, después se lavaron con agua destilada estéril y se dejaron secar durante cuatro horas sobre papel de estraza. Posteriormente se realizó la siembra en macetas de plástico de 10 K de capacidad, agregándole 5 kg de suelo esterilizado con bromuro de metilo, depositando el tubérculo de papa y 50 granos de trigo infestados con el hongo *R. solani* alrededor de éste. Los tratamientos evaluados

(Cuadro 1) y sus cinco repeticiones se arreglaron en un diseño completamente al azar. Cada tratamiento se aplicó con un atomizador manual, asperjando el volumen de la suspensión de esporas sobre los tubérculos y enseguida se cubrieron con 4 kg de suelo estéril. Las macetas se mantuvieron en invernadero durante 60 días a una temperatura promedio de 26°C, con temperatura máxima de 32°C y mínima de 20°C. Se aplicaron riegos a intervalos de tres días. Al término de este tiempo se registró la altura de la planta, peso fresco del follaje y de tallos subterráneos; así como la incidencia y severidad de la enfermedad causada por *R. solani* en los tubérculos. Este último parámetro se estimó considerando la escala reportada previamente (4). La comparación de medias de los tratamientos se efectuó por DMS al 5% de significancia.

Establecimiento del experimento bajo condiciones de campo. El experimento se estableció bajo un diseño en bloques al azar con 10 tratamientos y tres repeticiones, teniendo una parcela experimental de 4 surcos de 6 m de largo con 0.92 m de ancho. El tubérculo-semilla de papa cv César se depositó en el fondo del surco dejando una distancia de 20 cm entre tubérculos. La aplicación de los tratamientos se realizó con una aspersora manual considerando el equivalente a 600 L de solución por hectárea; 60 días después de la siembra se midió la incidencia de la enfermedad en tallos causada por *R. solani*; durante la cosecha se determinó la incidencia y severidad de la enfermedad, así como la calidad del tubérculo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto antifúngico de *Bacillus* spp. y extracto de *L. tridentata* *in vitro* e *in vivo*. Las cepas de *Bacillus* spp. redujeron significativamente ($p = 0.05$) el crecimiento *in vitro* de *R. solani*, el rango de inhibición fue de 40.4 a 29.33%, siendo la cepa B9 la más eficaz. Otro estudio similar realizado previamente (15) reportó que aislamientos de *B. firmus* también redujeron significativamente el crecimiento micelial *in vitro* del hongo *Phytophthora capsici*. Por su parte el extracto de *L. tridentata* a 2000 y 4000 ppm también mostró una clara actividad antifúngica, pero inferior a la observada con las

cepas de *Bacillus* spp. (Cuadro 2). Asimismo Gamboa-Alvarado *et al.* (10) reportó que con 4000 ppm del extracto metanólico de *L. tridentata* logró la inhibición parcial de este hongo en el rango de 40 a 53%. Por otro lado, el análisis del efecto *in vivo* de los bioproductos sobre plantas de papa inoculadas con *R. solani* reveló que el peso fresco de follaje y tallos se incrementó en los tratamientos que recibieron aplicaciones con las cepas de bacterias y del extracto de *L. tridentata*, sobresaliendo por su efecto estimulador del crecimiento de plantas la cepa B15 sola, así como al mezclarla con el extracto de *L. tridentata*. Este mismo efecto estimulador también se apreció con la mezcla de las tres cepas de *Bacillus* spp. en comparación con las plantas del tratamiento testigo (Cuadro 3). En contraste con lo antes señalado, la incidencia de *R. solani* en los tallos de plantas inoculadas de papa no se redujo de manera significativa con la aplicación de cepas de *Bacillus* y el extracto de *L. tridentata*, ya que en todos los tratamientos hubo presencia del patógeno; sin embargo los datos indican que la severidad de la enfermedad fue menor en los tratamientos que recibieron la aplicación de *Bacillus* spp. mas el extracto de *L. tridentata*; este mismo efecto protector se apreció con la mezcla de las tres cepas de *Bacillus* (Cuadro 3). Otros trabajos de investigación también han señalado que bacterias del género *Bacillus* incrementan el volumen radicular, peso fresco del follaje y promueven la reducción de la severidad de la enfermedad en las plantas, pero no la incidencia del patógeno (27, 30).

Efecto de cepas de *Bacillus* spp. y del extracto de *L. tridentata* en campo. La incidencia de *R. solani* en tallos de papa claramente disminuyó por el efecto de las cepas B9 y B15; así como al mezclarlas con el extracto de *L. tridentata*; el mismo efecto inhibidor de la incidencia se apreció al mezclar las tres cepas (Cuadro 4), lo que indica un efecto potenciador o sinérgico de las mezclas de estos bioproductos. Resultados similares han sido reportados previamente por otros autores (7, 23) quienes encontraron que con la aplicación de microorganismos antagónicos como *Bacillus subtilis* la incidencia de *R. solani* fue disminuida en más del 50%. Otro estudio (15) reporta que el tratamiento de semillas de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) cv Río Grande con *Bacillus*, estimuló la germinación en un 35%, el volumen de raíz y peso seco del follaje se incrementaron en un 87 y 84% respectivamente en comparación con el testigo. En el

presente trabajo con todos los tratamientos aplicados la severidad de la enfermedad en tubérculos de papa a la cosecha fue catalogada como leve, sin embargo, no se detectaron diferencias estadísticas. El tratamiento con el que se apreció una menor severidad de la enfermedad en tubérculos causada por *R. solani* fue la cepa B15 de *Bacillus* sola, o mezclada con *L. tridentata*. Otros trabajos experimentales ha reportado que la severidad de *R. solani* en tubérculos de papa se ha reducido hasta en un 70% con la aplicación de cepas del género *Bacillus* (5, 6). El efecto antagónico de cepas de *Bacillus* al mezclarlo con otro producto también ha sido reportado contra hongos previamente. Korsten *et al.* (14) demostraron que la aplicación precosecha de *Bacillus subtilis* en combinación con tratamientos alternados de oxiclورو de cobre redujeron el daño de hongos fitopatógenos causantes de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) y la cenicilla (*Oidium mangifera*) en mango.

Rendimiento y calidad de papa. El rendimiento de los tubérculos de papa notablemente se incrementó en los tratamientos donde se aplicaron cepas de *Bacillus* spp. (Cuadro 5). La información generada muestra que el mayor volumen de tubérculo se alcanzó con la mezcla de las tres cepas de *Bacillus* alcanzando 22.82 T/ha; mientras que en el tratamiento testigo sólo se obtuvieron 10.5 T/ha; esta diferencia en rendimiento representa un aumento del 117% por efecto de las cepas de *Bacillus*. A los resultados de esta investigación también mostraron que los aislamientos de *Bacillus* B9 y B15; así como la mezcla de la cepa B15 con el extracto de *L. tridentata* tuvieron un efecto favorable en la producción de papa. La calidad del tubérculo también se mejoró, ya que se manifestó un incremento en la categoría de papas denominadas de primera y segunda (Cuadro 5). En la categoría de primera sobresale el tratamiento con la mezcla de las cepas (B3 + B9 + B15) y la mezcla de *L. tridentata* con B15. En ambos casos, la mezcla de *Bacillus* fue el mejor tratamiento. Este efecto benéfico en rendimiento y calidad de papa debido a la utilización de especies de *Bacillus* también ha sido documentado por otros autores (13, 18, 21); sin embargo, en dichos estudios el incremento varía de 8 al 47%, mientras que en la presente investigación se alcanzó un incremento notablemente mayor (117%), además de que se mejoró la calidad de los tubérculos (Cuadro 4), lo contrario fue reportado por Platt (21) quien consignó que *Bacillus* incrementa el

rendimiento de papa pero no mejoró la calidad. Es factible que estos resultados pudiesen deberse a que las bacterias del género *Bacillus* compiten con los organismos fitopatógenos por el nicho ecológico, metabolizando exudados o produciendo sustancias químicas o antibióticos que inhiben o retrasan el desarrollo de los organismos fitopatógenos (12, 13), además se ha sugerido la producción de sustancias utilizadas como reguladores del crecimiento o precursores que favorecen el crecimiento y producción de las plantas (22, 24, 29). La información generada con cepas de *Bacillus* nativas del suelo del noreste de México es alentadora y sugiere que para desarrollar un control biológico eficaz, se deberán seleccionar y utilizar una mezcla de varios antagonistas con un amplio espectro de actividad de biocontrol, cada uno de ellos con diferentes estrategias de colonización, mecanismos de supresión y condiciones óptimas de factores abióticos para suprimir a diferentes patógenos. Además es necesario continuar con otras investigaciones de campo y en un mayor número de cultivos, para comprobar la reproducibilidad de los resultados obtenidos y así poder ofrecer una opción de control biológico para el desarrollo sostenible de cultivos agrícolas.

LITERATURA CITADA

1. Baker CJ, JR Stavelyn, MS Thomas, M Sasser, JS McFall. Inhibitory effect of *Bacillus subtilis* on *Uromyces phaseoli* and development of rust pustules on bean leaves. *Phytopathology* 73 (1983) 1148
2. Baker CJ, JR Stavely, N Mock. Biocontrol of bean rust by *Bacillus subtilis* under field conditions. *Plant Disease* 69 (1985) 770
3. Brinker F. *Larrea tridentata* (D.C.) Coville (Chaparral or Creosote Bush) *British J Phytopathol* 3 (1993) 10
4. Carling DE, RH Leiner, PC Westphale. Symptoms, signs and yield reduction associated with *Rhizoctonia* disease of potato induced by tuber borne inoculum of *Rhizoctonia solani* AG-3. *Am Potato J* 6 (1989) 693
5. Carling DE, RH Leiner. Effect of temperature on virulence of *Rhizoctonia solani* and other *Rhizoctonia* on potato. *Phytopathology* 80 (1990) 930
6. Casarrubias U, A Frías. Evaluación de la eficiencia de *Bacillus subtilis* para el control de la marchitez del chile en condiciones de invernadero. Memorias del XIX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Buenavista, Saltillo, Coah. México. (1992) 165pp.
7. Chan I, T Kommendhl. Biological control of seedling blight of corn by coating kernels with antagonist microorganisms. *Phytopathology* 58 (1974) 1395
8. Ferreira JHS, NF Matthee, CA Tomas. Biological control of *Eutypa lata* on grapevine by an antagonistic strain of *Bacillus subtilis*. *Phytopathology* 81 (1991) 283
9. Fillip C, G Volterrani, G Picci. Antagonistic effects of soil bacteria on *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* and Hans Snyder. III. Relation between protection against *Fusarium* wilt in carnation and a bacterial antagonistic colonization on roots. *Plant and Soil* 98 (1987) 161
10. Gamboa R, FD Hernández, A Sánchez, E Guerrero, RH Lira. Inhibición del crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary con extractos vegetales metanólicos de hojasa (*Flourensia cernua* D.C.), mejorana (*Origanum majorana* L.) y trompetilla [*Bouvardia ternifolia* (Ca.) Schlecht.]. *Rev Mex Fitopatología* 21 (2003) 13

11. Glick BR. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can J Microbiol* 41 (1995) 109
12. Gustafson R. Technical Bulletin Kodiak. Plano, Texas, U.S.A. (1993) pp.12.
13. Jiménez DR, CG Virgen, PV Tabares, FS Olalde. Bacterias promotoras del crecimiento de plantas: agro-biotecnología. *Avance y Perspectiva* 20 (2001) 395
14. Korsten L, JH Londsedale, EE De Villiers, ES De Jager. Preharvest biological control of mango diseases. *South African Mango Growers Association Yearbook* 12 (1992) 72
15. Lagunas-Lagunas J, E Zavaleta-Mejía, S Osada-Kawasoe, S Aranda-Ocampo. *Bacillus firmus* como agente de control biológico de *Phytophthora capsici* Leo. en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Rev Mex Fitopatología* 19 (2001) 57
16. Lira-Saldivar RH. Estado actual del conocimiento sobre las propiedades biocidas de la gobernadora [*Larrea tridentata* (D.C.) Coville]. *Rev Mex Fitopatología* 21 (2003) 214
17. Lira-Saldivar RH, MR Sánchez, R Gamboa, D. Jasso, R. Rodríguez. Fungitoxic effect of *Larrea tridentata* resin extracts from the Chihuahuan and Sonoran Mexican deserts on *Alternaria solani*. *Agrochimica* 47 (2003) 54
18. Merriman RD, RD Price, KF Baker. The effect of inoculation of seed with antagonists of *Rhizoctonia solani* on the growth of wheat. *Aust. J. Agric. Rev.* 25 (1974) 213
19. Montes BR, CV Cruz, MG Martínez, GG Sandoval, LR García, DS Zileh, LL Bravo, TK Bermúdez, MHC Flores. Propiedades antifúngicas en plantas superiores. Análisis retrospectiva de Investigaciones. *Rev Mex Fitopatología* 18 (2000) 125
20. Papavizas GC, JA Lewis. Isolating, identifying, and producing inoculum of *Rhizoctonia solani*. In: Methods for evaluating pesticides for control of plant pathogens. Hickey KD (Ed.) The American Phytopathological Society, St. Paul Minnesota, USA (1997) pp.50
21. Platt HW. Potato growth and tuber production as affected by inoculation of cut and whole seed with *Rhizoctonia solani* AG-3 and the use of seed treatment fungicides. *Am Potato J* 66 (1989) 365
22. Penterman JN, S Ghosh, JR Tyler. Promotion of root elongation in canola (*Brassica campestris*) seedling by plan growth promoting soil bacteria. American Society of Plant Physiologists. Plant Biology (2000) (Abstract 254).

23. Pusey PL. Use of *Bacillus subtilis* and related organism as biofungicides. *Pesticides Sci* 27 (1989) 133
24. Shipper B, AW Baker, PA Baker. Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganism and the effect of cropping practices. *Ann Rev Phytopathology* 25 (1987) 339
25. Sneh, B, Burpee, L, Ogoshi, A. 1991. Identification of *Rhizoctonia* Species. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. USA. 133p
26. Sobero MP, L Gasoni, J Coози. Growth promoting in strawberry crop. Proceeding of the V International workshop on PGPR. Oct 28-Nov 03 (2000). Córdoba, Argentina.
27. Tschen JS, WL Kuo. Antibiotic inhibition and control of *Rhizoctonia solani* by *Bacillus subtilis*. *Plant Prot Bull* 27 (1985) 95
28. Ujváry I. Transforming natural products into natural pesticides-experiences and expectations. *Phytoparasitica* 30 (2002) 439
29. Van Veen JA, LS Van Oberbeek, JD Van Elas. Fate and activity of microorganisms introduced into soil. *Micro Molec Rev* 61 (1997) 121
30. Yang ZZ. Screening of *Bacillus subtilis* strain PR55 and test of its antifungal activities to *Rhizoctonia solani*. *For Abst* 53 (1992) 3409

Cuadro 1. Tratamientos y dosis aplicadas de tres cepas de *Bacillus* spp. y extracto de *Larrea tridentata* contra *Rhizoctonia solani* en el cultivo de papa en invernadero y campo.

Tratamientos analizados	Dosis aplicadas
1. <i>Bacillus</i> spp. cepa B3	1x10 ⁶ ufc/ml
2. <i>Bacillus</i> spp. cepa B9	1x10 ⁶ ufc/ml
3. <i>Bacillus</i> spp. cepa B15	1x10 ⁶ ufc/ml
4. Resina de <i>L. tridentata</i>	10 L/ha
5. <i>Bacillus</i> spp. cepa B3 + <i>L. tridentata</i>	1x10 ⁶ ufc/ml
6. <i>Bacillus</i> spp. cepa B9 + <i>L. tridentata</i>	1x10 ⁶ ufc/ml
7. <i>Bacillus</i> spp. cepa B15 + <i>L. tridentata</i>	1x10 ⁶ ufc/ml
8. Testigo químico (Tiabendazol)	3 kg/ha
9. Testigo absoluto	Sin aplicación de productos
10. Mezcla de <i>Bacillus</i> spp. (B3 + B9 + B15)	1x10 ⁶ ufc/ml de cada cepa

Cuadro 2.- Inhibición micelial *in vitro* de *Rhizoctonia solani* con cepas de *Bacillus* spp. y extracto de *Larrea tridentata*.

Tratamientos	Inhibición micelial (%)
<i>Bacillus</i> spp. B3*	35.55 a
<i>Bacillus</i> spp. B9	40.44 ab
<i>Bacillus</i> spp. B15	29.33 ab
Extracto de <i>L. tridentata</i> (4000 ppm)	22.22 b
Extracto de <i>L. tridentata</i> (2000 ppm)	11.11 c
Testigo absoluto	0.00 d

Dosis aplicada de las cepas de *Bacillus* fue 1x10⁶ ufc/ml

Cuadro 3.- Efecto de las cepas de *Bacillus* spp. y extracto de *Larrea tridentata* en el peso fresco de follaje y tallos de plantas de papa y en la severidad de la enfermedad causada por *Rhizoctonia solani* en condiciones de invernadero.

Tratamientos Aplicados	Severidad (%)	Peso de tallos (g)	Peso de follaje (g)
<i>Bacillus</i> B3*	1.96 b	24.80 cd	91.60 b
<i>Bacillus</i> B9	2.10 b	4.60 g	92.80 b
<i>Bacillus</i> B15	1.48 b	27.20 b	174.80 a
Extracto <i>L. tridentata</i>	2.22 b	19.40 cd	160.00 a
<i>Bacillus</i> B3 + <i>L. tridentata</i> **	2.16 b	3.20 g	55.60 bc
<i>Bacillus</i> B9 + <i>L. tridentata</i>	1.90 b	11.40 ef	89.00 b
<i>Bacillus</i> B15 + <i>L. tridentata</i>	1.54 b	29.00 b	171.00 a
Testigo químico (Tiabendazol (3 kg/ha))	3.22 a	17.80 cde	75.40 bc
Testigo absoluto	3.56 a	15.80 de	34.60 c
Mezcla de <i>Bacillus</i> (B3 +B9 + B15)	1.76 b	37.20 a	182.00 a

*Dosis aplicada de las cepas de *Bacillus* fue 1×10^6 ufc/ml; **Dosis aplicada del extracto de *L. tridentata* fue 10 L/ha

Cuadro 4.- Incidencia y severidad de *Rhizoctonia solani* en el cultivo de papa tratadas con cepas de *Bacillus* spp., extracto de *Larrea tridentata* y la mezcla de ambos bioproductos.

Tratamientos	Incidencia (%)*		Severidad (%)**		
	Tallos	Tubérculos	Leve	Media	Severa
<i>Bacillus</i> B3	56.67 ab	21.04 a	83.33 a	5.56 a	11.11 a
<i>Bacillus</i> B9	40.00 b	30.13 a	83.63 a	16.37 a	0.00 a
<i>Bacillus</i> B15	36.67 b	18.37 a	100.00 a	0.00 a	0.00 a
Extracto de <i>L. tridentata</i>	70.00 a	30.65 a	90.48 a	9.52 a	0.00 a
<i>Bacillus</i> B3 + <i>L. tridentata</i>	50.00 ab	39.86 a	92.59 a	3.70 a	3.70 a
<i>Bacillus</i> . B9 + <i>L. tridentata</i>	37.67 b	30.98 a	90.61 a	7.88 a	1.52 a
<i>Bacillus</i> B15 + <i>L. tridentata</i>	33.33 b	27.90 a	100.00 a	0.00 a	0.00 a
Testigo químico (Tiabendazol)	50.00 ab	52.91 a	93.65 a	6.35 a	0.00 a
Testigo absoluto	70.00 a	57.02 a	88.89 a	0.00 a	11.11 a
Mezcla de <i>Bacillus</i> (B3 +B9 + B15)	36.67 b	39.08 a	82.99 a	17.01 a	0.00 a

DMS = 0.05; * Datos tomados a los 45 días después de la siembra; **Severidad: leve; 15-20 esclerocios, media; 20-30 esclerocios, severa; mas de 30 esclerocios.

Cuadro 5.- Efecto de las cepas de *Bacillus* spp. y extracto de *Larrea tridentata* en el rendimiento y calidad del tubérculo de papa en campo.

Tratamientos	Rendimiento (T/ha)	Calidad del tubérculo*			
		Gigante	Primera	Segunda	Tercera
<i>Bacillus</i> B3	11.32 de	2.10 a	2.38 c	0.83 c	0.93 a
<i>Bacillus</i> B9	11.97 cde	1.33 a	3.20 bc	1.07 bc	0.97 a
<i>Bacillus</i> B15	17.53 b	2.56 a	3.82 ab	2.28 ab	1.20 a
Extracto de <i>L. tridentata</i>	11.23 de	1.42 a	2.00 c	2.07 abc	0.97 a
<i>Bacillus</i> B3 + <i>L. tridentata</i>	14.07 bcde	1.67 a	2.78 bc	1.95 bc	0.97 a
<i>Bacillus</i> B9 + <i>L. tridentata</i>	15.54 bc	1.90 a	3.42 bc	1.97 bc	1.15 a
<i>Bacillus</i> B15 + <i>L. tridentata</i>	15.94bcd	2.23 a	4.85 ab	1.70 bc	0.77 a
Testigo químico (Tiabendazol)	14.72 bcd	0.42 b	3.40 bc	1.77 bc	1.07 a
Testigo absoluto	10.50 e	1.30 a	2.53 c	1.37 bc	0.65 a
Mezcla de <i>Bacillus</i> (B3 +B9 + B15)	22.86 a	2.57 a	6.17 a	3.27 a	1.27 a

DMS = 0.05; *Calidad: gigante: mayor de 85mm; primera: 55-85mm; segunda: 35-55mm; tercera: 20-35mm.

CONCLUSIONES GENERALES

Bajo las condiciones experimentales en que se desarrolló el presente trabajo podemos concluir lo siguiente:

- ❖ Las tres cepas de *Bacillus spp.* y el extracto de *Larrea tridentata* mostraron una clara actividad antifúngica sobre *Rhizoctonia solani* tanto *in vitro* como *in vivo*, además de mostrar promoción de crecimiento en las plantas.
- ❖ La mezcla de *Bacillus spp.* con el extracto de *L. tridentata* y la mezcla de las tres cepas de *Bacillus spp.* (B3+B9+B15) mostraron un efecto sinérgico en la fase de invernadero y campo.
- ❖ Los mejores tratamientos fueron la cepa de *Bacillus* B15 solo , en mezcla con el extracto de *L. tridentata* y la mezcla de las tres cepas de *Bacillus spp.* (B3+B9+B15) dado que mostraron menor Incidencia y Severidad de *Rhizoctonia solani* en tallos y en tubérculos de papa así como en la promoción de crecimiento de las plantas reflejándose dicho efecto en el rendimiento y calidad de la cosecha.

LITERATURA CITADA

- Adams, C.G. and Butler, E.E. 1979. Serological relationships among anastomosis groups of *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*. 69: 629-633.
- Agrios, G.N. 1988. *Plant Pathology*. 3th edition. Academic Press .
- Anguis, R. y Martin, C. 1990. Caracterización y patogenicidad de *Rhizoctonia solani* Khun, que afecta a la papa en tres zonas ecológicas del Perú. *Fitopatología* 25: 16-22.
- Alexopoulos, C.J. and Mims, C.W. 1979. *Introductory mycology*. 3th edition. Willey & Sons, Editorial. USA. 632p.
- Alexopoulos, C.J., Mims, C.W. and Blackwell, M. 1996. *Introductory mycology*. 4th edition. Willey & Sons, Editorial. New York. 869p.
- Alonso, C.Z. 1992. Aplicación de fungicidas para el control de costra negra *Rhizoctonia solani* Kühn en Papa *Solanum tuberosum* L., en Galeana Nuevo León. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo Coahuila.
- Andrew, J.H. 1992. Biological control in the phyllosphere. *Annual Review Phytopathology* 30: 603-635.
- Bains, P.S. and Bisht, V.S. 1995. Anastomosis group identity and virulence of *Rhizoctonia solani* isolated collected from potato plants in Alberta Canada. *Plant Disease* 79: 241-242.
- Baker, K. F. 1987. Evolving concept of biological control of plant pathogens. *Annu. Rev. Phytopathology*. 23: 67-85.
- Barrera, J.F. 1999. Introducción, filosofía y alcance del Control Biológico. X Curso Nacional de Control Biológico. Montecillo, México. 217p.
- Bolkan, H.A. 1980. Las pudriciones radicales: In: Schwartz, F.H. y Gálvez G.E. Problemas de la pudrición del frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia. 310p.
- Brada, IE, Quintana, E, Pelaya, E, Araujo, T. 1995. Efecto de *Bacillus* sp. sobre la germinación y desarrollo de semillas de tomate (*Lycopersicon*

- esculentum* M.) infestadas con *Fusarium oxysporum* Schl. var. *cubensis* Smith. Resúmenes Bioplaguicidas 95. Habana, Cuba. p.11
- Brow, M.E. 1974. Seed and root bacterization. Annual Review Phytopathology 12: 181-195.
- Bryan, A.H. 1974. Bacteriología, Principios y Practicas. 6ª Ed. Edit, CECSA. México D. F. 235-236p.
- alderoni, V. A. 1978. Enfermedades de la Papa y su Control. 1ª Ed. Edit. Hemisferio Sur Argentina. 143p.
- Campos, A. J. 1987. Enfermedades del frijol. Edit. Trillas. México, D. F. 132p.
- Campos, A.J.E., Vázquez, M.M.S. y Rodríguez, G.R. 1994. Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento de *Rhizoctonia solani*, en laboratorio. Memorias del XXI Congreso Nacional de Fitopatología. Cuernavaca, Morelos. 47p.
- Carling D.E., and Leiner, R.H.1986. Isolation and characterization of *Rhizoctonia solani* and binucleate *R. solani*- like fungi from aerial stems. Phytopathology. 76: 725-729.
- Carling, D. E and Leiner, R. H.1990. Effect of temperature on virulence of *Rhizoctonia solani* and other *Rhizoctonia* on potato. Phytopathology. 80: 930-934.
- Castellanos, JJ, Oliva, P, Izquierdo, E, Morales, N. 1995. Evaluación de *Bacillus subtilis* como biocontrol del patógeno *Alternaria porri* (Ell) en cebolla. Bioplaguicidas 95. Habana, Cuba. p. 21
- Castro, C. 1989. Ecology of *Rhizoctonia solani* and diseases development in relation to anastomosis groups. Pages 181-190 in: Fungal Diseases of the Potato. International Potato Center. Report of Planning Conference on Fungal Disease of the Potato. Held at CIP, Lima, Peru. September 21-25, 1987.
- De la Garza, GJL. 1996. Fitopatología general. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Marín Nuevo León. 515p.
- De la Garza, R.R. 1997. Respuesta de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum*) a la aplicación de *Bacillus subtilis* para el control de *Rhizoctonia solani* bajo invernadero. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 60p.
- Díaz, B.V. 1994. Evaluación del efecto fungicida y/o bactericida de extractos de árbol de cuachalalate (*Amphyterygium adstringens* S.) mediante antibiogramas y bioensayos *in vitro*. Memorias del XXI Congreso Nacional de Fitopatología. Cuernavaca, Morelos. 45p.

- Dunleavy, J. 1955. Control of damping-off of sugarbeet by *Bacillus subtilis*. *Phytopathology*. 45: 252-258.
- Elad, Y., Chet, I. and Baker, R. 1987. Increased growth response of plants induced by rhizobacteria antagonistic to soilborne pathogenic fungi. *Plant soil*. 98: 325-330.
- Fernández, O. y Vega, L. 2001. Microorganismos antagónicos para el control fitosanitario. *Manejo Integrado de Plagas*. Costa Rica. Vol.62: 96-97.
- Ferreira, J.H.S., Matthee, N.F. and Thomas, C.A. 1991. Biological control of *Eutypa lata* on grapevine by an antagonistic strain of *Bacillus subtilis*. *Phytopathology* 81: 283-287.
- Food Agency Organization (FAO). 2001. Producción mundial de papa.
- Gamboa, A.R. 1997. Evaluación de extractos vegetales acuosos en el control de la pudrición de raíz y corona (*Fusarium oxysporum* f. Sp. *redicis-lycopersici*) y efectos fisiológicos sobre tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Gamboa, A.R, Hernández, C.F.D, Sánchez, A.A, Guerrero, R.E, Lira, S.R.H. 2002. Inhibición del crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary con extractos vegetales metanólicos de hojasa (*Fluorensia cernua* Dc.), mejorana (*Origanum mayorana* L.) y trompetilla [*Bouvardia ternifolia*] (Ca) Schlecht]. *Revista Mexicana de Fitopatología*: 21 (2003) 13.
- González, S.F.A y Guevara, M.M.M. 1990. Determinación de la persistencia de la actividad bactericida de la resina *Larrea tridentata* sobre *Pseudomonas solanacearum* en Laboratorio e Invernadero. *Memorias del XVII Congreso Nacional de Fitopatología*. Sociedad Mexicana de Fitopatología. Culiacán Sinaloa. p.107
- Gustafson, 1993. Technical Bulletin Kodiak. Plano, Texas, U.S.A.
- Gutiérrez, A. A y Romero, C. S. 1980. Etiología y control de la marchitez de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en Xochimilco, D. F. *Agrociencia* 14: 163-169.
- Guzmán, G.L. 2001. Efecto fungicida de extractos etanólicos y cloroformicos de *Larrea tridentata* de los desiertos Chihuahuense y Sonorense sobre *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. p.
- Harris P.M. 1978. The potato crop. Edit; Chapman & Hall. Great Britain. 730p.

- Hooker, JW.1990. Compedium of potato diseases. 4^aedition. American Phytopathology Society, St. Paul Minnesota, U.S.A.125p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2002. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos 2002. Por cultivo.
- Jeger, H.A., Hide, G.A., VanDen, B.P.H., Termaschutzen, A.J. and VanBaarlen, P. 1996. Pathology and control of soilborne fungal pathogens of potato Research 39: 437-469.
- Kim, DS, Cook, RJ, Weller, DM. 1997. *Bacillus* sp. L324-92 for biological control of three root disease of wheat grown with reduced tillage. Phytopathology 87:551-558.
- Lazzarete, E, Menten, J.O.M, Bettiol, W.1994. *Bacillus subtilis* antagónicos aos principaes patógenos asociados a sementes de feijao e trigo. Fitopatología Venezolana 7:42-46.
- Leach, S.S. Weels, R. 1993. Evaluation of potato cultivars, clones and true seed population for resistance to *Rhizoctonia solani*. American potato journal 70: 317-328.
- León, G. H. M. 1988. Enfermedades de cultivos en el estado de Sinaloa. SARH. 3^a ed. México, D. F. 269p.
- López, E. R. 1989. Manejo de *Rhizoctonia solani* Kuhn con rotación de crucíferas en el cultivo de papa. Tesis Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo Coah. 58p.
- Liu, S. and Baker, R. 1980. Mechanism of biocontrol in soil y suppressive to *Rhizoctonia solani*. Phytopathology 70 (5): 404-411.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M. y Parker, J.1998. Brock biología de los microorganismos. 8^a Ed. Edit; Prentice Hall. España. 986p.
- Marcos, C.F. 1996. Evaluación de extractos vegetales para el control de la pudrición de la corona y raíz de tomate (*Lycopersicon esculentum*) causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 86p
- Martin, C. and H. Torres. 1989. Control of *Rhizoctonia* and other soil-borne diseases of TPS. Pages 191-205 in: Fungal Diseases of the Potato. Report of Planning Conference on Fungal Diseases of the Potato. Held at CIP, Lima, Peru. September 21-25, 1987.

- Martinson, A. C. and Al-Rehiyani, S. M. 1991. Supresión of *Rhizoctonia solani* in soil with animal manures. *Phytopathology*. 81 (10): 1241.
- Medrano, R.D.E., Rodríguez G.E.R. y Vázquez, M.M.S. 1994. efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento de *Colletotrichum lindemutianum* en laboratorio. Memorias del XXI Congreso Nacional de Fitopatología. Cuernavaca, Morelos. 46p.
- Mendoza, y Pinto, B. 1983. Principios de fitopatología y Enfermedades causadas por hongos. UACH. Chapingo, México. 311p.
- Merriman, R.D., Price, R.D. and Baker, K.F. 1974. The effect of inoculation of seed with antagonists of *Rhizoctonia solani* on the growth of wheat. *Aust. J. Agric. Rev.* 25: 213-218.
- Montes, B.R., Cruz, C.V., Martínez M.G., Sandoval G.G., García, L.R., Zilch, D.S., Bravo, L.L., Bermúdez, T.K. y Flores, M.H.C. 2000. Propiedades antifúngicas en plantas superiores. Análisis retrospectiva de Investigaciones. *Revista Mexicana de Fitopatología* .18(2):125-131.
- Nasoon, A. y Dehann, R.L. 1982. El mundo biológico. 1ª reimpresión. Edit: LIMUSA. Mexico, D.F. 841p.
- Ogoshi, A. 1987. Ecology and pathogenicity of anastomosis and Intraespecific groups of *Rhizoctonia solani* Kuhn. *Phytopathology* 25:138.
- Olaya, G., Abawi, G.S., Barnard, J. 1994. Response of *Rhizoctonia solani* and Binucleate *Rhizoctonia* to Five Fungicides and Control of Pocket Rot of Table Beets with Foliar Sprays.
- Olivera, B. S., Rodríguez, D., Iturralde. 2002. Pesticidas, Salud y Ambiente. Investigadores del Laboratorio de Neurociencia Molecular PEDECIBA). Departamento de Neurobiología, Instituto Clemente Estable. <http://iibce.edu.uy/posdata/drit.htm>
- Odvody, N.G., Boosalis, M.G. and Kerr, E.D. 1980. Biological control of *Rhizoctonia solani* with a soil-inhabiting basidiomycete. *Phytopathology* 7: 655-658.
- Padilla, M., Vazquez, M.A., Rodríguez, E.R. 1995. Actividad biológica del extracto hexanico de *Quercus grisea* sobre hongos patógenos de la raíz. Memorias del XXII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Guadalajara, Jalisco, México. p 86.
- Pérez, M. L., Castillo V.J.O. Y Cantú, G.F.J. 2001. Efecto del TCMTB en el control de la costra negra de la Papa. *Revista Mexicana de Fitopatología* Vol. 19 (1) p. 116.

- Rapauch, G.S., Kloepper, J.W. 1998. Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria enhance biological control of multiple cucumber pathogens. *Phytopathology* 88: 1158-1164.
- Randall, C.R. 1993. Potato management. The American Phytopathology Society, St. Paul, Minnesota, U.S.A. 149-158p.
- Rich, A.E. 1983. Potato diseases. Academic press. New York. pp 63-69.
- Roberts, A.D. y Boothroyd, C.W. 1978. Fundamentos de patología vegetal. Edit; Acribia. Zaragoza, España. 392p.
- Romero, C.S. 1988. hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. México, D.F. 347p.
- Sandoval, V.S.A., Apodaca, S.M.A. y Quintero, B.J.A. 1995. Efecto del extracto de semilla de toronja contra *Rhizoctonia solani* y *Erwinia carotovora* "in vitro". XXII Congreso Nacional de Fitopatología, A. C. Guadalajara, Jalisco, México. Resumen 88.
- Sidhu, J. and Young, R. J. 1991. Biological control of *Rhizoctonia* stem canker and black scurf of potato with a basidiomycetous fungus. *Phytopathology* 81 (5): 704.
- Simeón, S.L. and Raymon, E.W. 1993. Evaluation of potato cultivars, clones and a true seed population for resistance of *Rhizoctonia solani*. *American potato Journal* 70: 317-327.
- Singleton, L., Jeanne, M.D. and Charles, M.R. 1992. Methods for research on soilborne phytopathogenic fungi. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, U.S.A. 265 p.
- Sneh, B., Burpee, L. and Ogoshi, A. 1991. Identification of *Rhizoctonia* Species. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota. USA. 133p.
- Smith, I.M., Dunez, J., Lelliot, R.A., Phillips, D.H., y Archer, S.A. 1992. Manual de enfermedades de las plantas. Edit; Mundiprensa. Madrid, España. 570-573p.
- Suand, S.K. and Huang, J.W. 1985. Formulated soil amendment for controlling Fusarium wilt and others soilborne diseases. *Plant. Dis.* 69: 917-920.
- Tinker, P.B. 1984. The role of microorganism in mediating and facilitating the uptake of plant nutrients from soil. *Plant and Soil* 76:77-91.
- Thompson, W.T. 1993. Agricultural chemicals Book V. Fungicides. Thompson Publications Fresno, California. USA. 296p.

- Torres, H. 1997. Principales enfermedades fungosas de la papa relacionadas con la producción de tubérculos semillas. Fasc.97. Centro Internacional de la Papa (CIP).
- Torres, LA., Wong, W., Miguel, A., Fernández, A., Amat, Z. 2001. Actividad antagónica de especies de *Bacillus* spp. contra *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii*.
- Valádez, L.A. 1993. Producción de hortalizas. Edit. UTEHA, México, D.F.287p.
- VanLenteren, J.C. 2000. A greenhouse with out pesticides fact or fantasy?. Crop Protection 19: 375-384.
- Velásquez, V.R. 1981. Evaluación de actividad fungicida de la resina de gobernadora sobre *Cytosporina* sp. (estado sexual de *Eutypa armeniaceae* Hans) Carter). Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.68p.
- Virgen, C.G. 1990. Control biológico de *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* (E.F. Smith) Snyd & Hans con *Bacillus subtilis* en sandía bajo condiciones de campo. Tesis Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah.
- Virgen, C.G. 2001. Enfermedades del cultivo de la papa. En: cursos sobre Manejo Integrado de Plagas (MIP) y enfermedades en tomate, chile y papa. INCAPA. Memorias. Guadalajara, Jalisco, México. pp 83-107
- Walter, G.M.,MacBeen, H.R. y Temple, L.K. 1982. Introducción a la Microbiología. C.E.C.S.A. Ed. México, D.F. 409p.
- Webster, J.P.G., Bowles, R.G. and Willians, N.T. 1999. Estimating the economics beneficts of alternative pesticide usage scenarios: Wheat productions in the United Kingmon. Crop Protection 18: 83-89.
- Weller, D.M.1988. Biological control of soil-borne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. Ann. Rev. Phytopathology 26: 379-407.
- Yang, ZZ. 1992. Screening of *Bacillus subtilis* strain PR55 and test of its antifungal activities to *Rhizoctonia solani*. Forestry Abstratcs 53: 3409.
- Zavaleta-Mejía, E. y Ochoa M.D.L. 1992. Control Biológico de Fitopatógenos. Memorias XIX Congreso Nacional de Fitopatología. Buenavista Saltillo, Coahuila.140p.
- Zilch, D.S. y Montes, B.R. 1991. efecto de extractos vegetales acuosos en la germinación de esporangios y en la infección de *Phytophthora* sp. en calabacita en Oaxaca. Memorias del XVIII del Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Puebla, Puebla.

APÉNDICE

IN VITRO

Cuadro A1.- Inhibición del crecimiento micelial (expresado en por ciento) *in vitro* de *Rhizoctonia solani* con cepas de *Bacillus* spp. y extracto de *Larrea tridentata*.

REPETICIONES							Media (X)
Trats.	I	II	III	IV	V	TOTAL	
1	33.33	28.89	22.22	44.44	48.89	177.75	35.55
2	44.44	35.56	44.44	33.33	44.44	202.21	40.44
3	35.56	33.33	33.33	26.67	24.44	153.33	30.67
4	11.11	11.11	11.11	11.11	11.11	55.55	11.11
5	11.11	11.11	22.22	44.44	22.22	111.10	22.22
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cuadro A 2.-Transformación de la inhibición del crecimiento micelial (expresado en por ciento) *in vitro* de *Rhizoctonia solani* con cepas de *Bacillus* spp. y extracto de *Larrea tridentata*. **arcseno (x+1)**

REPETICIONES							Media (X)
Trats.	I	II	III	IV	V	TOTAL	
1	35.79	33.15	28.79	42.36	44.94	185.03	37.01
2	42.36	37.23	42.36	35.79	42.36	200.10	40.02
3	37.23	35.79	35.79	31.76	30.26	170.83	34.17
4	20.36	20.36	20.36	20.36	20.36	101.80	20.36
5	20.36	20.36	28.79	42.36	28.79	140.66	28.13
6	5.74	5.74	5.74	5.74	5.74	28.70	5.74

Cuadro A 3.- Análisis de Varianza de la inhibición del crecimiento micelial (expresado en por ciento) *in vitro* de *Rhizoctonia solani* con cepas de *Bacillus* spp. y extracto de *Larrea tridentata*.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	5	4081.99	816.40	33.94	0.00
Error	24	577.38	24.06		
Total	29	4659.37			

C.V. = 17.79 %

INVERNADERO

Cuadro A 4.- Severidad de *Rhizoctonia solani* en tallos de papa a los 60 días después de la siembra.

REPETICIONES							Media (X)
Trats.	I	II	III	IV	V	TOTAL	
1	3.00	2.00	1.00	1.80	2.00	9.80	1.96
2	1.00	3.00	3.50	1.00	2.00	10.50	2.10
3	1.70	1.00	1.70	2.00	1.00	7.40	1.48
4	3.00	2.70	1.70	2.70	1.00	11.10	2.22
5	3.00	3.30	1.00	2.00	1.50	10.80	2.16
6	2.30	1.00	2.00	1.50	2.70	9.50	1.90
7	1.00	1.70	1.70	2.30	1.00	7.70	1.54
8	4.00	2.80	2.30	3.00	4.00	16.10	3.22
9	4.00	3.00	3.80	3.00	4.00	17.80	3.56
10	2.00	1.00	2.30	1.00	2.50	8.80	1.76

Cuadro A5.- Transformación de Severidad de *Rhizoctonia solani* en tallos de papa a los 60 días después de la siembra. **arcseno (x)**

REPETICIONES							Media (X)
Trats.	I	II	III	IV	V	TOTAL	
1	9.98	8.13	5.74	7.71	8.13	39.69	7.94
2	5.74	9.98	10.70	5.74	8.10	40.37	8.07
3	7.49	5.74	7.49	8.13	5.74	34.59	6.92
4	9.98	9.46	7.49	9.46	5.74	42.13	8.43
5	9.98	10.47	5.74	8.13	7.04	41.36	8.27
6	8.72	5.74	8.13	7.04	9.46	39.09	7.82
7	5.74	7.49	7.49	8.53	5.74	34.99	6.99
8	11.54	9.63	8.53	9.98	11.54	51.22	10.24
9	11.54	9.98	11.24	9.98	11.54	54.28	10.86
10	8.13	5.74	8.72	5.74	9.10	37.43	7.49

Cuadro A6.- Análisis de Varianza de severidad de *Rhizoctonia solani* en tallos de papa a los 60 días después de la siembra.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	9	75.05	8.34	3.38	0.004
Error	40	98.75	2.47		
Total	49	173.80			

C.V. = 18.92 %

Cuadro A7.- Peso fresco (expresado en gramos) de los tallos de papa a los 60 días después de la siembra.

Trats.	REPETICIONES					TOTAL	Media (X)
	I	II	III	IV	V		
1	19.00	39.00	20.00	35.00	11.00	124.00	24.80
2	8.00	4.00	3.00	4.00	4.00	23.00	4.60
3	19.00	17.00	20.00	20.00	21.00	97.00	19.40
4	30.00	35.00	20.00	25.00	26.00	136.00	27.20
5	2.00	4.00	3.00	3.00	4.00	16.00	3.20
6	9.00	10.00	10.00	15.00	13.00	57.00	11.40
7	25.00	27.00	28.00	40.00	25.00	145.00	29.00
8	18.00	10.00	12.00	25.00	24.00	89.00	17.80
9	13.00	15.00	18.00	20.00	13.00	79.00	15.80
10	30.00	40.00	45.00	30.00	41.00	186.00	37.20

Cuadro A8.- Transformación de peso fresco (expresado en gramos) de los tallos de papa a los 60 días después de la siembra. \sqrt{x}

Trats.	REPETICIONES					TOTAL	Media (X)
	I	II	III	IV	V		
1	4.36	6.25	4.47	5.92	3.32	24.32	4.86
2	2.83	2.00	1.73	2.00	2.00	10.56	2.11
3	4.36	4.12	4.47	4.47	4.58	22.00	4.40
4	5.48	5.92	4.47	5.00	5.10	25.97	5.19
5	1.41	2.00	1.73	1.73	2.00	8.87	1.77
6	3.00	3.16	3.16	3.87	3.61	16.80	3.36
7	5.00	5.20	5.29	6.32	5.00	26.81	5.36
8	4.24	3.16	3.46	5.00	4.90	20.76	4.15
9	3.61	3.87	4.24	4.47	3.61	19.80	3.96
10	5.48	6.32	6.71	5.48	6.40	30.39	6.08

Cuadro A9.- Análisis de varianza del peso fresco (expresado en gramos) de los tallos de papa a los 60 días después de la siembra.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	9	86.51	9.61	26.64	0.00
Error	40	14.43	0.36		
Total	49	100.94			

C.V. = 14.56 %

Cuadro A10.- Peso fresco (expresado en gramos) del follaje a los 60 días después de la siembra.

REPETICIONES							
Trats.	I	II	III	IV	V	TOTAL	Media (X)
1	82.00	120.00	28.00	150.00	68.00	448.00	91.60
2	73.00	150.00	130.00	65.00	46.00	464.00	92.80
3	180.00	212.00	222.00	160.00	100.00	874.00	174.80
4	130.00	100.00	110.00	280.00	180.00	800.00	160.00
5	43.00	60.00	60.00	65.00	50.00	278.00	55.60
6	90.00	135.00	80.00	70.00	70.00	445.00	89.00
7	120.00	200.00	165.00	220.00	150.00	855.00	171.00
8	82.00	90.00	65.00	60.00	80.00	377.00	75.40
9	36.00	48.00	31.00	36.00	22.00	173.00	34.60
10	150.00	180.00	230.00	200.00	150.00	910.00	182.00

Cuadro A11.- Transformación del Peso fresco (expresado en gramos) de follaje a los 60 días después de la siembra. \sqrt{x}

REPETICIONES							
Trats.	I	II	III	IV	V	TOTAL	Media (X)
1	9.06	10.92	5.29	12.25	8.25		9.15
2	8.54	12.95	11.40	8.06	6.78		9.55
3	13.42	14.86	14.90	12.65	10.00		13.17
4	11.40	10.00	10.49	16.73	13.42		12.41
5	6.56	7.75	7.75	8.06	7.07		7.44
6	9.49	11.62	8.94	8.37	8.37		9.36
7	10.95	14.14	12.85	12.25	12.25		12.49
8	9.06	9.49	8.06	7.74	8.94		8.66
9	6.00	6.93	5.57	6.00	4.69		5.84
10	12.25	13.42	15.17	14.14	2.25		13.44

Cuadro A12.- Análisis de varianza Peso fresco (expresado en gramos) de follaje a los 60 días después de la siembra.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	9	303.42	33.71	10.71	0.00
Error	40	125.96	3.15		
Total	49	429.37			

C.V. = 17.48 %

CAMPO

Cuadro A13.- Incidencia (expresado en por ciento) de *R. solani* en tallos de papa a los 60 días después de la siembra.

BLOQUES					
Trats.	I	II	III	TOTAL	Media (X)
1	50.00	80.00	40.00	170.00	56.67
2	60.00	30.00	30.00	120.00	40.00
3	70.00	20.00	20.00	110.00	36.67
4	70.00	70.00	70.00	210.00	70.00
5	70.00	40.00	40.00	150.00	50.00
6	40.00	50.00	20.00	110.00	33.33
7	20.00	40.00	40.00	100.00	36.67
8	50.00	40.00	60.00	150.00	50.00
9	80.00	70.00	60.00	210.00	70.00
10	40.00	30.00	40.00	110.00	36.67

Cuadro A 14.- Transformación de la Incidencia (expresado en por ciento) de *R. solani* en tallos de papa a los 60 días después de la siembra. $\arcseno(x)$

BLOQUES					
Trats.	I	II	III	TOTAL	Media (X)
1	45.00	63.44	39.23	147.67	49.22
2	50.77	33.21	33.21	117.19	39.06
3	56.79	26.56	26.56	109.91	36.64
4	56.79	56.79	56.79	170.37	56.79
5	56.79	39.23	39.23	135.25	45.08
6	39.23	45.00	26.56	110.79	36.93
7	26.56	39.23	39.23	105.02	35.00
8	45.00	39.23	50.77	135.00	45.00
9	63.44	56.79	50.77	171.00	57.00
10	39.23	33.21	39.23	111.67	37.22

Cuadro A 15.- Incidencia (expresado en por ciento) de *R. solani* en tallos de papa a los 60 días después de la siembra.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	9	1851.03	205.67	2.4885	0.08
Bloques	2	308.54	154.27	1.8666	0.18
Error	18	1487.69	82.65		
Total	29	3647.26			

C.V. = 20.76 %

Cuadro A 16.- Incidencia (expresado en por ciento) de *R. solani* en tubérculos de papa obtenidos a la cosecha.

BLOQUES					
					Media
Trats.	I	II	III	TOTAL	(X)
1	43.90	7.69	11.54	63.13	21.04
2	34.43	5.88	50.00	90.31	30.10
3	22.58	34.00	36.36	92.94	30.98
4	34.88	28.13	20.69	83.70	27.90
5	36.36	0.00	18.75	55.11	18.37
6	47.83	21.74	50.00	119.57	39.86
7	4.76	16.22	70.97	91.95	30.64
8	51.29	37.50	70.00	158.79	52.91
9	34.62	55.88	80.56	171.06	57.02
10	56.14	42.67	18.42	117.23	39.08

Cuadro A 17.- Transformación de la Incidencia (expresado en por ciento) de *R. solani* en tubérculos de papa obtenidos a la cosecha. **arcseno (x)**

BLOQUES						
						Media
Trats.	I	II	III	TOTAL		(X)
1	42.07	17.16	20.70	79.93		26.64
2	36.51	15.23	45.57	97.31		32.44
3	29.06	36.27	37.70	103.03		34.34
4	36.81	32.58	27.76	97.15		32.38
5	37.70	5.74	26.42	69.86		23.29
6	44.31	28.45	45.57	118.33		39.44
7	13.94	24.50	58.05	96.49		32.16
8	46.32	38.35	57.42	142.09		47.36
9	36.03	48.97	64.60	149.60		49.87
10	49.08	41.38	26.13	116.59		38.86

Cuadro A 18.- Análisis de Varianza de la Incidencia (expresado en por ciento) de *R. solani* en tubérculos de papa obtenidos a la cosecha

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	9	1898.57	210.95	1.36	0.28
Bloques	2	769.49	384.74	2.48	0.11
Error	18	2796.90	155.38		
Total	29	5464.96			

C.V. = 34.94%

Cuadro A 19.- Tubérculos de papa (expresado en por ciento) con severidad leve (15-20 esclerocios) de *Rhizoctonia solani* obtenidos al momento de la cosecha.

BLOQUES					
Trats.	I	II	III	TOTAL	Media (X)
1	100.00	100.00	66.67	266.67	88.89
2	100.00	100.00	100.00	300.00	100.00
3	57.14	100.00	93.75	250.89	83.63
4	100.00	100.00	71.43	271.43	90.48
5	100.00	100.00	77.78	277.78	92.59
6	81.82	90.00	100.00	271.82	90.62
7	100.00	100.00	100.00	300.00	100.00
8	80.95	100.00	100.00	280.95	93.65
9	50.00	100.00	100.00	250.00	83.33
10	78.13	87.50	83.33	248.96	82.99

Cuadro A 20 .- Análisis de Varianza de tubérculos de papa (expresado en por ciento) con severidad leve (15-20 esclerocios) de *Rhizoctonia solani* obtenidos al momento de la cosecha.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	9	1056.81	117.42	0.564	0.830
Bloques	2	864.17	432.09	1.974	0.167
Error	18	3940.45	218.91		
Total	29	5861.44			

C.V. = 16.33%

Cuadro A 21.- Tubérculos de papa (expresado en por ciento) con severidad mediana (20-30 esclerocios) de *Rhizoctonia solani* obtenidos al momento de la cosecha.

BLOQUES					
Trats.	I	II	III	TOTAL	Media (X)
1	16.67	0.00	0.00	16.67	5.56
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	42.86	0.00	6.25	49.11	16.37
4	0.00	0.00	28.57	28.56	9.52
5	0.00	100.00	11.11	111.11	37.04
6	13.64	10.00	6.25	29.89	9.96
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	19.05	0.00	0.00	19.05	6.35
9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	21.88	12.50	16.67	51.05	17.02

Cuadro A 22.- Transformación de Tubérculos de papa (expresado en por ciento) con severidad mediana (20-30 esclerocios) de *Rhizoctonia solani* obtenidos al momento de la cosecha. **arcseno (x+1)**

BLOQUES					
Trats.	I	II	III	TOTAL	Media (X)
1	24.88	5.74	5.74	36.36	12.12
2	5.74	5.74	5.74	17.22	5.74
3	41.50	5.74	15.68	62.92	20.97
4	5.74	5.74	31.69	43.17	14.39
5	5.74	84.26	20.36	110.36	36.79
6	22.46	19.46	15.68	57.60	19.20
7	5.74	5.74	5.74	17.22	5.74
8	26.64	5.74	5.74	38.12	12.71
9	5.74	5.74	5.74	17.22	5.74
10	28.59	21.56	24.88	75.03	25.01

Cuadro A 23.- Análisis de Varianza de Tubérculos de papa (expresado en por ciento) con severidad mediana (20-30 esclerocios) de *Rhizoctonia solani* obtenidos al momento de la cosecha.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	9	2676.85	297.43	1.044	0.446
Bloques	2	71.48	35.74	0.125	0.883
Error	18	5129.58	284.98		
Total	29	7877.90			

C.V. = 106.57%

Cuadro A 24.- Tubérculos de papa (expresado en por ciento) con severidad severa (más de 30 esclerocios) de *Rhizoctonia solani* obtenidos al momento de la cosecha.

Trats.	BLOQUES				TOTAL	Media (x)
	I	II	III			
1	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
5	0.00	0.00	11.11		11.00	3.70
6	4.55	0.00	0.00		4.55	1.16
7	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00
9	0.00	0.00	33.33		33.33	11.11
10	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00

Cuadro A 25.- Transformación de Tubérculos de papa (expresado en por ciento) con severidad severa (mas de 30 esclerocios) de *Rhizoctonia solani* obtenidos al momento de la cosecha. **arcseno (x+1)**

BLOQUES					
Trats.	I	II	III	TOTAL	Media (x)
1	5.74	5.74	5.74	17.22	5.74
2	5.74	5.74	5.74	17.22	5.74
3	5.74	5.74	5.74	17.22	5.74
4	5.74	5.74	5.74	17.22	5.74
5	5.74	5.74	20.36	31.84	10.61
6	13.69	5.74	5.74	25.17	8.39
7	5.74	5.74	5.74	17.22	5.74
8	5.74	5.74	5.74	17.22	5.74
9	5.74	5.74	35.85	47.33	15.78
10	5.74	5.74	5.74	17.22	5.74

Cuadro A 26.- Análisis de Varianza Tubérculos de papa (expresado en por ciento) con severidad severa (mas de 30 esclerocios) de *Rhizoctonia solani* obtenidos al momento de la cosecha.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	9	302.01	33.56	0.89	0.55
Bloques	2	113.89	56.95	1.52	0.25
Error	18	675.15	37.51		
Total	29	1091.05			

C.V. = 81.70%

Cuadro A 27.- Rendimiento de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) obtenidos al momento de la cosecha.

BLOQUES					
Trats.	I	II	III	TOTAL	Media (X)
1	6.80	5.95	6.00	17.75	6.25
2	7.12	7.00	5.70	19.82	6.61
3	9.70	9.80	9.55	28.05	9.68
4	6.90	5.70	6.00	18.60	6.20
5	7.60	5.85	9.85	23.30	7.77
6	9.80	8.85	7.10	25.75	8.58
7	9.70	7.00	7.30	24.00	8.00
8	8.80	8.75	6.85	24.52	8.13
9	6.10	5.30	6.00	17.40	5.80
10	14.20	13.70	9.95	37.85	12.62

Cuadro A 28.- Análisis de Varianza del Rendimiento de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) obtenidos al momento de la cosecha.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	9	112.89	12.54	9.35	0.00
Bloques	2	8.17	4.08	3.04	0.07
Error	18	24.15	1.34		
Total	29	145.21			

C.V. = 14.55%

Cuadro A 29.- Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría gigante (85mm) obtenidos al momento de la cosecha.

BLOQUES						
Trats.	I	II	III	TOTAL	Media (X)	
1	0.00	3.10	3.20	6.30	2.10	
2	2.50	1.50	0.00	4.00	1.33	
3	1.50	3.55	2.60	7.65	2.55	
4	1.90	0.00	2.35	4.25	1.42	
5	3.15	2.30	1.65	7.10	2.37	
6	2.60	1.10	2.00	7.70	1.90	
7	3.20	0.00	1.80	5.00	1.67	
8	0.00	1.25	0.00	1.25	0.42	
9	0.90	2.00	1.00	3.90	1.30	
10	2.10	2.60	2.00	6.70	2.23	

Cuadro A 30.- Transformación del Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría gigante (85mm) obtenidos al momento de la cosecha. $\sqrt{X+0.3}$

BLOQUES						
Trats.	I	II	III	TOTAL	Media (X)	
1	0.55	1.84	3.50	5.89	1.96	
2	1.67	1.34	0.55	3.51	1.18	
3	1.34	1.96	1.70	5.00	1.67	
4	1.48	0.55	1.63	3.66	1.22	
5	1.86	1.60	1.39	4.85	1.62	
6	1.70	1.18	1.52	4.40	1.47	
7	1.87	0.55	1.45	3.87	1.29	
8	6.55	1.24	0.55	2.34	0.78	
9	1.09	1.52	1.14	3.75	1.25	
10	1.55	1.70	1.52	4.77	1.59	

Cuadro A 31.- Análisis de Varianza del Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría gigante (85mm) obtenidos al momento de la cosecha)

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	9	6.24	0.69	0.47	0.88
Bloques	2	2.08	1.04	0.70	0.51
Error	18	26.68	1.48		
Total	29	35.00			

C.V. = 75.94%

Cuadro A 32.- Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría primera (55-85mm) obtenidos al momento de la cosecha.

BLOQUES					
Trats.	I	II	III	TOTAL	Media (X)
1	3.90	1.65	1.60	7.15	2.38
2	2.60	3.80	3.20	9.60	3.20
3	4.80	2.15	4.50	11.45	3.82
4	2.90	0.80	2.30	6.00	2.00
5	2.00	1.55	4.80	8.35	2.78
6	3.15	4.10	3.00	10.25	3.42
7	4.50	4.00	1.70	10.20	3.40
8	5.00	5.80	3.75	14.55	4.85
9	2.70	1.80	3.10	7.60	2.53
10	8.40	5.50	4.45	18.35	6.12

Cuadro A 33.- Transformación del Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría primera (55-85mm) obtenidos al momento de la cosecha. \sqrt{X}

BLOQUES						Media (X)
Trats.	I	II	III	TOTAL		
1	1.97	1.28	1.26	4.51	1.50	
2	1.60	1.95	1.79	5.34	1.78	
3	2.19	1.47	2.12	5.78	1.93	
4	1.70	0.89	1.82	4.41	1.47	
5	1.41	1.24	2.19	4.84	1.61	
6	1.77	2.02	1.73	5.52	1.84	
7	2.12	2.00	1.30	5.42	1.81	
8	2.24	2.41	1.94	6.59	2.20	
9	1.64	1.34	1.76	4.74	1.58	
10	2.90	2.35	2.11	7.36	2.45	

Cuadro A 34.- Análisis de Varianza del Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría primera (55-85mm) obtenidos al momento de la cosecha.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	9	2.64	0.29	2.23	0.07
Bloques	2	0.34	0.17	1.29	0.30
Error	18	2.37	0.13		
Total	29	5.34			

C.V. = 19.96%

Cuadro A 35.- Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría segunda (35-55mm) obtenidos al momento de la cosecha.

BLOQUES					
Trats.	I	II	III	TOTAL	Media (X)
1	1.30	0.40	0.80	2.50	0.83
2	1.20	0.50	1.50	3.20	1.07
3	2.60	2.75	1.50	6.85	2.28
4	1.70	3.10	1.25	6.05	2.02
5	1.50	1.20	2.40	5.10	1.70
6	2.00	2.50	1.35	5.85	1.95
7	0.95	2.00	2.80	5.75	1.92
8	1.50	1.20	2.60	5.30	1.77
9	1.30	1.20	1.60	4.10	1.37
10	2.50	4.50	2.80	9.80	3.27

Cuadro A 36.- Transformación del Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría segunda (35-55mm) obtenidos al momento de la cosecha. \sqrt{X}

BLOQUES					
Trats.	I	II	III	TOTAL	Media (X)
1	1.14	0.63	0.89	2.66	0.89
2	1.09	0.71	1.22	3.02	1.00
3	1.61	1.66	1.22	4.49	1.50
4	1.30	1.76	1.12	4.18	1.39
5	1.22	1.09	1.55	3.86	1.29
6	1.41	1.58	1.16	4.15	1.38
7	0.98	1.41	1.67	4.06	1.35
8	1.22	1.09	1.61	3.92	1.31
9	1.14	1.09	1.26	3.49	1.16
10	1.58	2.12	1.67	5.37	1.79

Cuadro A 37.- Análisis de Varianza del Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría segunda (35-55mm) obtenidos al momento de la cosecha. \sqrt{X}

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	9	1.72	0.19	2.54	0.04
Bloques	2	0.02	0.01	0.16	0.85
Error	18	1.35	0.08		
Total	29	3.09			

C.V. = 20.99%

Cuadro A 38.- Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría tercera clase (20-35mm) obtenidos al momento de la cosecha.

BLOQUES					
Trats.	I	II	III	TOTAL	Media (X)
1	1.60	0.80	0.40	3.80	0.93
2	0.70	1.20	1.00	2.90	0.97
3	0.80	1.10	1.70	3.60	1.20
4	0.60	1.80	0.50	2.90	0.97
5	1.00	0.80	1.10	2.90	0.97
6	1.00	0.75	1.70	3.45	1.15
7	1.20	1.00	1.00	3.20	1.07
8	1.30	0.50	0.50	2.30	0.77
9	1.20	0.45	0.30	1.95	0.65
10	1.20	1.10	1.50	3.80	1.27

Cuadro A 39.- Transformación del Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría tercera clase (20-35mm) obtenidos al momento de la cosecha. \sqrt{X}

BLOQUES					
Trats.	I	II	III	TOTAL	Media (X)
1	1.27	0.89	0.63	2.79	0.93
2	0.84	1.09	1.00	2.93	0.98
3	0.89	1.05	1.30	3.24	1.08
4	0.77	1.34	0.71	2.82	0.94
5	1.00	0.89	1.05	3.54	0.89
6	1.00	0.87	1.30	3.17	1.06
7	1.09	1.00	1.00	3.09	1.03
8	1.14	0.71	0.71	2.56	0.85
9	1.09	0.67	0.50	2.26	0.75
10	1.09	1.05	1.22	3.36	1.12

Cuadro A 40.- Análisis de Varianza del Peso de tubérculos de papa (expresado en kilogramos) de la categoría tercera clase (20-35mm) obtenidos al momento de la cosecha.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamientos	9	0.33	0.036	0.67	0.73
Bloques	2	0.033	0.02	0.30	0.77
Error	18	0.97	0.05		
Total	29	1.33			

C.V. = 23.92%

Cuadro A 41.- Escala de severidad de *Rhizoctonia solani* en tallos de papa propuesta por Carling y Leiner (1990) utilizada a los 60 días después de la siembra en invernadero y campo.

ESCALA	SEVERIDAD
0	Sanos
1	Lesiones menores de 5 mm
2	Lesiones mayores de 5 mm cercanos a los brotes.
3	Lesiones de 1cm presentando pudrición.
4	Pudrición y muerte o no hay raíces.

Cuadro A 42.- Escala de severidad de *Rhizoctonia solani* en tubérculos de papa propuesta por Alonso (1992) utilizado al momento de la cosecha.

ESCALA	SEVERIDAD
LEVE	15-20 esclerocios
MEDIANO	20-30 esclerocios
SEVERO	Mas de 30 esclerocios

Cuadro A 43.- Categorías empleadas en la clasificación de los tubérculos obtenidos al momento de la cosecha para medir la calidad de la cosecha. Escala propuesta por Alonso (1992).

CATEGORIA	TAMAÑO
Gigante	Mayor de 85mm
Primera	55-85mm
Segunda	35-55mm
Tercera	20-35mm