

INFLUENCIA DE DIFERENTES REGÍMENES DE RIEGO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE APOTECIOS POR *SCLEROTINIA SCLEROTIORUM* EN PIMIENTO BAJO INVERNADEROS¹

RISTA, L. M.²; HERZOG, L. J.² & SILLON, M. R.²

RESUMEN

Se estudió el efecto del régimen del riego, el intervalo, la longitud de períodos secos y el tipo de suelo sobre la producción de apotecios de *Sclerotinia sclerotiorum* en invernaderos comerciales de pimientos. En el suelo se enterraron las mallas con los esclerocios. La producción de apotecios se inició después de 25 a 30 días de continua humedad en el suelo y fue influenciada por el régimen de irrigación. Se observó que riego de 5 mm/día produjo más apotecios y se diferenció significativamente de los demás; 15 mm/3 días tuvo diferencias significativas con los otros tratamientos; mientras que 2 mm/día, 35 mm/semana y 6 mm/3días, no difirieron entre sí. No hubo diferencias entre 6 mm/3 días y 14 mm/semana.

Niveles de riego de 5mm/día produjeron más apotecios en suelos arenosos que en los arcillosos, niveles de 2mm/día originaron resultado inverso. Se demostró en este estudio la influencia de la duración del período de humedad y los períodos secos que se podrían utilizar como parámetros para predecir el inicio del desarrollo de los apotecios.

Palabras clave: mohó blanco, pronóstico, epidemiología, esclerocios.

SUMMARY

Influence of different irrigation level on *Sclerotinia sclerotiorum* apothecial production in greenhouse grown pepper.

Level of irrigation, interval and length of dry period and soil type effects on *Sclerotinia sclerotiorum* apothecial production in commercial greenhouses pepper crops were studied. The nets with sclerotia were burried in the soil. Apothecial production started after 25 to 30 days of continuous soil moisture and it was highly influenced by irrigation regime. It was observed that 5 mm daily of

1.- Trabajo subsidiado por el Programa C.A.I. + D. de la Universidad Nacional del Litoral.

2.- Cátedra de Fitopatología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral. Kreder 2805. (3080) Esperanza, provincia de Santa Fe. Tel: (03496) 426400.

E-mail: Irista@fca.unl.edu.ar

Manuscrito recibido el 11 de noviembre de 2003 y aceptado para su publicación el 8 de junio de 2004.

irrigation produced more apothecia, a significant difference when compared to the other treatments; and 15 mm/3 days presented the second highest production, its result differing from the remaining ones. Irrigation levels of 2 mm/day, 15 mm/week and 6 mm/3 days did not differ among them, but the first two were different from 14 mm/week. High level (5 mm/day) produced more apothecia in sandy soils than in clay soils, while for low levels (2 mm/day) the results were reversed. This study showed the influence of the length of moist and dry periods, which could be utilized as parameters for predicting beginning of apothecial development.

Key words: white mold, forecast, epidemiology, sclerotia.

INTRODUCCIÓN

El patógeno de suelo *Sclerotinia sclerotiorum* tiene un amplio rango de hospedantes (Boland *et al.*, 1987) y causa enfermedades en numerosos cultivos de importancia económica en todo el mundo (Purdy, 1979).

En Argentina es uno de los principales patógenos de las especies hortícolas, tales como: pimiento, tomate, crucíferas, etc. (Herzog & Rista, 1989).

Las epidemias se originan fundamentalmente de las ascosporas germinadas de esclerocios presentes en el suelo (Abawi & Grogan, 1979; Boland & Hall, 1987; Bom & Boland, 1994; Dillard *et al.*, 1995). El acondicionamiento previo que necesitan los esclerocios para la carpogénesis requiere fundamentalmente humedad y frío. El tiempo requerido varía, pero son necesarias varias semanas (Phillips, 1986 y Dillard *et al.*, 1995). En Santa Fe, el acondicionamiento previo ocurre naturalmente durante el invierno ya que durante este período la humedad y frío exceden el mínimo requerido (Rista *et al.*, 1992, Singh & Singh, 1983).

Después del acondicionamiento previo, los esclerocios requieren condiciones de alta humedad de suelo para producir apotecios y es usualmente el factor (Cooley & Cooke, 1971; Saito, 1977; Hunter *et al.*, 1984). Si bien la humedad es un factor climático importante para la infección y desarrollo de la enfermedad (Boland & Hall, 1987; Bom &

Boland, 2000), la germinación de los apotecios es la llave que determina el desarrollo de las epidemias (Schuartz & Steadman, 1978; Steadman, 1983).

En cultivos hortícolas a campo como en invernadero, la humedad es el parámetro crítico que determina la producción de ascosporas. La temperatura óptima está entre 10 y 20 °C (Willets & Wong, 1980; Tores & Moreno, 1986).

Existen estudios sobre la influencia de factores ambientales en invernaderos de experimentación y en laboratorio, no obstante son necesarios experiencia en campos comerciales para entender la influencia de la humedad de suelo en la germinación y supervivencia de los esclerocios (Grogan & Abawi, 1975; Bell *et al.*, 1998; Teo *et al.*, 1989; Subbarao *et al.*, 1997).

El objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto de diferentes niveles de riego, intervalos y longitud de períodos secos en dos tipos de suelos sobre la producción de apotecios de *Sclerotinia sclerotiorum* en invernaderos comerciales de pimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en invernaderos comerciales de pimiento del cinturón hortícola de la ciudad de Santa Fe. El ensayo se realizó en lomos de 20 mts de largo con

120 plantas de pimiento c/u. Se distribuyó por goteo el agua necesaria según los tratamientos.

Se recolectaron 25 esclerocios de tamaño uniforme por bolsa de Terylene (aproximadamente de 3mm x 7 mm) un año antes de invernaderos de pimiento (Huang, 1982, 1991 y 1993; Huang & Kozub, 1993 y 1994; Huang *et al.*, 1998 y Rista & Herzog, 1997). Se acondicionaron los esclerocios por 7 meses en suelo para asegurar su capacidad de germinación y se enterraron a 1 cm en los lotes (Boland & Hall, 1987; Huang & Kozub, 1991 y 1993; Rista & Herzog 1997).

El número de apotecios viables se contó diariamente desde el día de la aparición del primer apotecio hasta la finalizar la experiencia. Un apotecio es considerado viable desde que se desarrolla hasta que se diseca. Los apotecios no se removieron después de contados. Se midió la producción como el número de apotecios cada 150 esclerocios guardados en las bolsas de malla antes del experimento (Dillard *et al.*, 1995; French & Hebert, 1980; Huang, 1982).

Se realizó el análisis de varianza de los datos y la diferencia entre medias con el programa Statistix para Window.

EXPERIENCIA I:

Los tratamientos de riego fueron:

A) 14mm/semana, B) 6mm/3días, C) 2mm/día; D) 35mm/semana; E)15mm/3días, F) 5 mm/día.

Un total de 150 esclerocios (6 bolsas de malla con 25 esclerocios c/u) fueron enterrados en los lotes experimentales el 6 de agosto y se aplicó un riego inicial de 20 mm a todos los tratamientos. Se trasplantaron pimientos de 3 semanas el 25 de agosto. y entre el 7 de agosto y el 31 de setiembre se regaron según los tratamientos.

EXPERIENCIA II:

La textura del suelo en los lotes experi-

mentales de 1997 fue:

Suelo Arcilloso: materia orgánica, 5,4%; arcilla, 31,6%; arena, 64%.

Suelo arenoso: materia orgánica, 2,4%; arcilla, 4,6%; arena, 93%.

Los tratamientos fueron:

1) Suelo arenoso con riego de 5mm/día., 2) Suelo arcilloso con riego de 5mm/día. 3) Suelo arenoso con riego de 2mm/día, 4) Suelo arcilloso con riego de 5mm/día.

Se enterraron 150 esclerocios (seis bolsas de malla con 25 esclerocios c/u), el 18 de julio. Ese mismo día se trasplantó pimiento de 3 semanas y se efectuó el riego según los tratamientos. Se contaron los apotecios como en el experimento I hasta que finalizó el 11 de setiembre.

RESULTADOS

EXPERIENCIA I:

En el tratamiento A (14 mm/semana), el desarrollo de los apotecios se produjo a los 46 días. En los restantes los apotecios comenzaron su desarrollo entre los 25 y 29 días de la incorporación de los esclerocios al suelo. Hubieron diferencias en el número de apotecios en los distintos niveles e intervalos de riego. El análisis de la varianza indicó diferencias significativas entre los tratamientos con valores (LSD = 0,05). El tratamiento F (5 mm/día) difirió significativamente de todos los tratamientos, con la mayor producción de apotecios. El tratamiento E (15 mm/ 3 días), le siguió en producción de apotecios y difirió significativamente con los restantes. Los tratamientos C (2 mm/ día), D (35 mm/ semana) y B (6 mm/ 3días) no presentaron diferencias entre ellos pero C y D la tienen respecto al tratamiento A (14 mm/ semana). Entre B y A no se observaron diferencias.

En la Fig. 1 se observa la evolución del número de apotecios durante el periodo de la experiencia; los regímenes de riego inferiores (a) produjeron menor cantidad de

apotecios que los regímenes mayores (b).

La Fig. 2, muestra que en ambos suelos el régimen de riego de 5 mm/día aumentó el número de apotecios desde el día 26 al 36 decreciendo posteriormente en forma regu-

Cuadro 1: Las cifras seguidas de letras diferentes presentan diferencias significativas según LDS, para $\mu = 0,5$.

Bajo Nivel de Irrigación	Medias
14 mm/semana	4,5 a
6 mm/3días	19,75 a b
2 mm/día	30,75 b
Alto Nivel de Irrigación	
35 mm/semana	22 b
15 mm/3días	56,25 c
5 mm/día	81,25 d

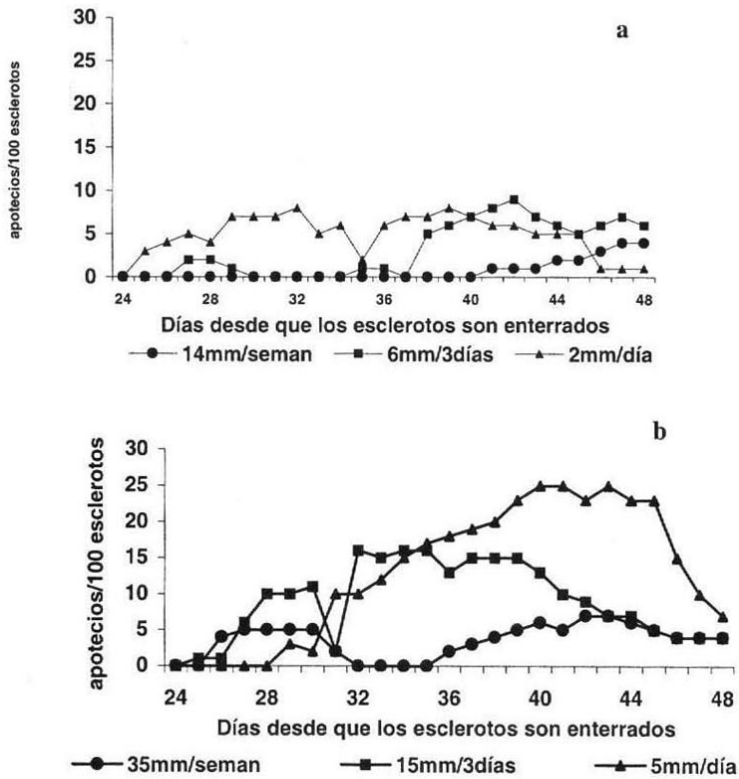


Fig.1: Evolución del desarrollo de apotecios: a) Tratamientos de bajo nivel de irrigación. b) Tratamientos de alto nivel de irrigación.

lar. Por otro lado con 2 mm/día, se producen altibajos en los dos tipos de suelo.

De la comparación de medias (Cuadro 2) se obtuvieron los siguientes resultados: la producción de apotecios en el tratamiento de 5mm/día en suelo arenoso fue significativamente superior que en los otros. Riegos de 2mm/día y de 5 mm/día en suelo arcilloso, no manifestaron diferencias pero sí respecto al de 2 mm/día en suelo arenoso que produce el menor número de apotecios. De los dos regímenes de riego se observó que 5 mm/día es que más favorece la producción de apotecios.

Por otro lado en elevados niveles de riego

aumenta la producción de apotecios siendo superior en el arenoso que en el arcilloso mientras que en bajos niveles de riego ocurre lo contrario.

DISCUSIÓN

El requerimiento para la formación de apotecios fue de 25 a 30 días de continua humedad en suelo coincidiendo con trabajos que demostraron, en pruebas de laboratorio, que son necesarios de 20 a 30 días de humedad en el suelo para preacondicionar a los esclerocios para la producción y

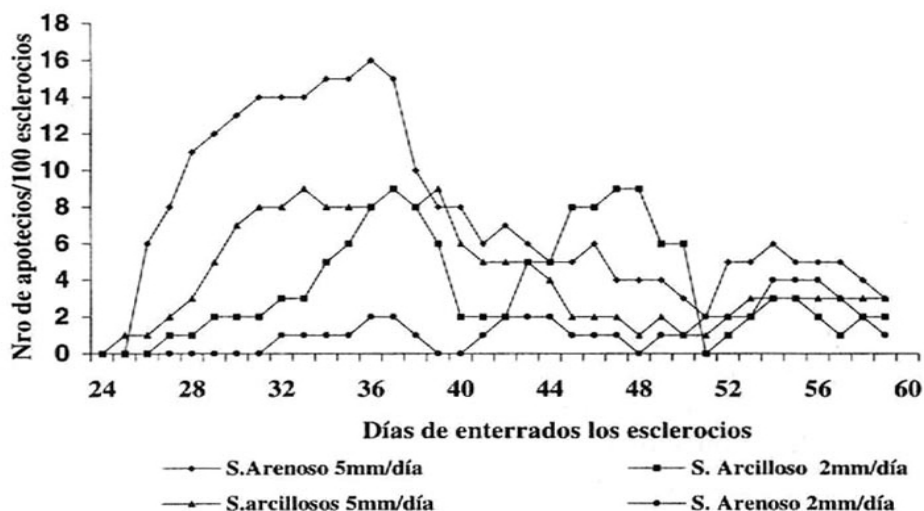


Fig. 2: N° de apotecios según el tipo de suelo y el régimen de riego. Según LSD para $\alpha=0,05$.

Cuadro 2: Las cifras seguidas de letras diferentes presentan diferencias significativas según LDS, para $\mu= 0,5$.

Suelo Arenoso	Medias
5 mm/día	67,25 a
2 mm/día	11,25 c
Suelo Arcilloso	
5 mm/día	38,25 b
2 mm/día	26,8 b

supervivencia de apotecios (Saito 1977; Willets & Wong, 1980; Singh & Singh, 1983; Steadman 1983; Kapoor *et al.*, 1987; Rista & Herzog 2002; Tores & Moreno 1986).

Otros autores reportaron períodos de 10 días de acondicionamiento previo (Abawi & Grogan, 1975 y 1979).

La utilización de esclerocios de un año se debió a que los mismos son los que poseen la mayor velocidad de carpogénesis (Phillips, 1986; Teo *et al.*, 1989; Rista & Herzog, 2002). Otros investigadores consideran que de uno a tres de edad no varía la velocidad de germinación, pero que los más longevos son los que producen más apotecios (Nordin *et al.*, 1992; Bell *et al.*, 1998; Bom & Boland, 2000).

Una continua humedad de suelo favorece la germinación de los esclerocios (Abawi & Grogan, 1979; Bell *et al.*, 1998; Cuadrado *et al.*, 2000), esto coincide con el presente estudio donde el riego diario y el de mayor régimen aumenta la producción de apotecios. Un alto nivel de irrigación provisto de una sola vez, no compensa la disminución del mismo por largos períodos (Subbarao *et al.* 1997; Bell *et al.* 1998; Ferraz *et al.* 1999)

En suelo arenoso con un régimen de riego de 5 mm/día la producción de apotecios fue más abundante que en el arcilloso, Algunos autores llegan a conclusiones similares respecto a la producción de apotecios en distintos tipos de suelo (Saito 1977; Singh y Singh 1983; Mitchell y Wheeler, 1990; Huang *et al.*, 1998; Subbarao *et al.*, 1997). Esto puede ocurrir por causas físicas o biológicas: está comprobado que un alto nivel de saturación de suelo genera una menor cantidad de oxígeno y un estado temporario de anaerobiosis desfavorable para la viabilidad de los esclerocios (Willets *et al.*, 1980; Kapoor *et al.*, 1987). Respecto a las causas biológicas varios autores aseguran que en los suelos con alto contenido de arcilla existe una mayor

actividad biológica y un aumento de los controladores naturales de los patógenos de suelo, especialmente del género *Trichoderma* sp. (Saito, 1977; Schwartz & Steadman, 1978; Rista & Herzog, 1997).

También se observó que la duración del periodo sin provisión de agua no inhibió, pero retrasó la producción de apotecios lo que coincide con autores que expresan que se producen fallas en la germinación de los esclerocios si estos han sido sometidos a períodos extremadamente secos (Abawi & Grogan, 1975; Huang *et al.*, 1998); por el contrario otros demostraron que si los períodos secos no son prolongados los esclerocios pueden germinar (Phillips, 1986; Boland & Hall, 1987).

CONCLUSIONES

La estimación de la ocurrencia de la carpogénesis podría servir como base para el pronóstico de las epidemias de *Sclerotinia sclerotiorum*. Tanto el nivel de inóculo, como el tiempo que las ascosporas estarán presentes en los estados más sensitivos del cultivo, tendrán influencia en el tamaño de la epidemia. Estas características según los resultados obtenidos en este trabajo deberán correlacionarse con el nivel de riego y el tipo de suelo dado su influencia en la producción de apotecios.

BIBLIOGRAFÍA

- ABAWI, G. S. & R. G. GROGAN. 1975. Source of primary inoculum and effects of temperature and moisture on infection of beans by *Whetzelinia sclerotiorum*. *Phytopathology* 65: 300-309.
- ABAWI, G. S. & R. G. GROGAN. 1979. Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia Asp*. *Phytopathology* 69: 899-903.

- BELL, A. A.; L. LIU; B. REIDY; R. M. DAVIS & K. V. SUBBARAO.** 1998. Mechanisms of subsurface drip irrigation-mediated suppression of lettuce drop caused by *Sclerotinia minor*. *Phytopathology* 88: 252 – 259.
- BOLAND, G. J. & R. HALL.** 1987. Epidemiology of White mold of white bean in Ontario. *Ca-nadian Journal of Plant Pathology* 9: 218-224.
- BOLAND, G. J. & R. HALL.** 1994. Index of plants hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Can. J. Plant Pathol.* 9: 218-224.
- BOM, M. & G. J. BOLAND.** 2000. Evaluation of polyclonal-antibody-based immunoassays for detection of *Sclerotinia sclerotiorum* on canola petals, and prediction of stem rot. *Can. J. Microbiol.* 46: 723-729.
- BOM, M. & G. J. BOLAND.** 2000. Evaluation of forecasting variables for *Sclerotinia* stem rot (*Sclerotinia sclerotiorum*) of canola. *Can. J. Plant Sci.* 80: 889-898.
- COLEY-SMITH, J. R. & R. C. COOKE.** 1971. Survival and germination of fungal sclerotia. *Annu. Rev. Phytopathol.* 9: 65-92.
- CUADRADO, A.; E. GALLEGRO; J. SANCHEZ & V. GOMEZ.** 2000. Identification of greenhouse characteristics which affect the incidence of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de Bary in pepper crops in a Mediterranean climate. *European Journal of Plant Pathology* 106: 117 – 122.
- DILLARD, H. R.; J. W. LUDWIG & J. E. HUNTER.** 1995. Conditioning sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* for carpogenic germination. *Plant Dis.* 79: 411-415.
- FERRAZ, L. C. L.; A. C. CAFÉ FILHO; L. C. B. NASSER & J. AZEVEDO.** 1999. Effects of soil moisture, organic matter and grass mulching on the carpogenic germination of sclerotia and infection of bean by *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant pathology* 48: 77 – 82.
- FRENCH, R. & T. T. HEBERT.** 1980. Métodos de investigación en Fitopatología. IICA. OEA. 289 pags.
- GROGAN, R. G. & G. S. ABAWI.** 1975. Influence of water potential on growth and survival of *Whetzelinia sclerotiorum*. *Phytopathology* 65: 122-128.
- HERZOG, L. J. & L. M. RISTA.** 1989. Enfermedades más frecuentes en cultivos de pimiento y tomate cercanos a la ciudad de Santa Fe. *Actas Congreso Argentino de Horticultura.*
- HUANG, H.** 1982. Morphologically abnormal sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Can. J. Microbiol.* 28: 87-91.
- HUANG, H. C. & G. C. KOZUB.** 1991. Influence of inoculum production temperature on carpogenic germination of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Canadian Journal Microbiol.* 39: 548-550.
- HUANG, H. C. & G. C. KOZUB.** 1993. Survival of Mycelia of *Sclerotinia sclerotiorum* in Infected Stems of Dry Bean, Sunflowers, and Canola. *Phytopathology* 83: 937-940.
- HUANG, H. C. & G. C. KOZUB.** 1994. Longevity of normal and anormal sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Dis.* 78: 1114-1116.
- HUANG, H. C.; C. CHANG & G. C. KOZUB.** 1998. Effect of temperature during sclerotial formation, sclerotial dryness, and relative humidity on miceliogenic germination of sclerotia of *Sclerotinia Sclerotiorum*. *Can. J. Bot.* 76: 494.
- HUNTER, J. E.; R. C. PEARSON; R. C. SEEM; C. A. SMITH & D. A. PALUMBO.** 1984. Relationship, between soil moisture and occurrence of *Sclerotinia sclerotiorum*, and white mold disease on snap beans. *Protection Ecol.* 7: 269-280.
- KAPOOR, K. S.; H. S. GILL & S. R. SHARMA.** 1987. Survival and carpogenic germination of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Indian Phytopathol.* 40: 500-502.
- MERRIMAN, P. R.** 1976. Survival of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* in soil. *Soil Biol.*

- Biochem. 8: 385-389.
- MITCHELL, S. J. & B. E. J. WHEELER.** 1990. Factors affecting the production of apothecia and longevity of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. Plant Pathol. 39: 70-76.
- NORDIN, K.; R. SIGVALD & C. SVENSON.** 1992. Forecasting the incidence of Sclerotinia stem rot on spring-sown rapeseed. Z. Pflkrankh. Pflschutz 99: 245-255.
- PHILLIPS, A. J. L.** 1986. Carpogenic germination of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* after periods of conditioning in soil. J. Phytopathol. 116: 247-258.
- PURDY, L. H.** 1979. *Sclerotinia sclerotium*: history, diseases and sympatology, host range, geographic distribution, and impact. Phytopathology 69: 875-880.
- RISTA, L. M.; L. J. HERZOG & M. SILLON.** 1992. Evaluación de la incidencia de los patógenos de suelo en tres años de monocultivo de pimiento en invernadero. FAVE 6 (2): 15-27.
- RISTA, L. M. & L. J. HERZOG.** 1997. Supervivencia de micelio de *Sclerotinia sclerotiorum* en restos de tallos de pimiento y tomate bajo invernadero. Congreso Argentino de Horticultura, Bahía Blanca.
- RISTA, L. M. & L. J. HERZOG.** 2002. Infección de pétalos por *Sclerotinia sclerotiorum* según el estado de floración en pimiento bajo invernadero. FAVE 1 (1): 65-70.
- SCHWARTZ, H. F. & J. R. STEADMAN.** 1978. Factors affecting sclerotium populations of and apotecium production by *Sclerotinia sclerotiorum*. Phytopathology 68: 383-388.
- SAITO, I.** 1977. Studies on the maturation and germination of *Sclerotinia sclerotiorum* (lib) de Bary, a causal fungus of bean stem rot. Hokkaido Prefecture, Central Agricultural Experimental Station. Bulletin N° 26: 106 pp.
- SINGH, U. P. & R. B. SINGH.** 1983. The effect of soil texture, soil mixture, soil moisture and depth of soil on carpogenic germination of *Sclerotinia sclerotiorum*. Z. Pflkrankh. Pflschutz, 90: 662-669.
- STEADMAN, J. R.** 1983. White mold – a serious yield-limiting disease of bean. Plant Dis. 67: 346-350.
- SUBBARAO, K. V.; J. C. HUBBARD & K. F. SCHULBACH.** 1997. Comparison of lettuce and yield under subsurface drip and furrow irrigation. Phytopathology 87: 877-883.
- TEO, B. K.; R. A. A. MORRAL & P. R. VERNA.** 1989. Influence of soil moisture, seeding date, and canola cultivars on the germination and rotting of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. Can. J. Plant Pathol. 11: 393-399.
- ZHOU, T. & G. J. BOLAND.** 1999. Mycelial growth and production of oxalic acid by virulent and hypovirulent isolates of *Sclerotinia sclerotiorum*. Can. J. Plant Pathol. 21: 93-99.
- TORES, J. A. & R. MORENO.** 1986. Factors affecting carpogenic germination of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. Parasitica 42: 45-53.
- TWENGSTRÖM, E.; E. KÖPMANS; R. SIG-VALD & C. SVENSSON.** 1998. Influence of different irrigation regimes on carpogenic germination of sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. J. Phytopathology 146: 487-493.
- WILLETTS, G. H. & J. A. L. WONG.** 1980. The biology of *Sclerotinia sclerotiorum*, *S. Trifoliorum* and *S. Minor* with emphasis on specific nomenclature. Bot. Rev. 46: 101-165.