

Alternativas de control en la pudrición radical de cebolla para el Valle de la Trinidad, Baja California*

Control Alternatives for Onion root rot in the Trinity Valley, Baja California

Armando Pulido-Herrera¹, Emma Zavaleta-Mejía², Lourdes Cervantes-Díaz^{3§} y Onécimo Grimaldo-Juárez³

¹Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Av. Reforma y Calle "L" s/n. Colonia Nueva, Mexicali, Baja California. C. P. 21100. Tel. 01 686 554717. Ext. 73257. (armando.pulido@bd.sagarpa.gob.mx). ²Instituto de Fitosanidad. Colegio de Posgraduados. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Montecillo, México C. P. 56230. Tel. 01 595 9520200. Ext. 1625. (zavaleta@colpos.mx). ³Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Blvd. Delta s/n. ejido Nuevo León, Valle de Mexicali, Baja California. C. P. 21705. Tel. 01 686 5230079. Ext. 131 y 232. (ogrimaldoj@hotmail.com). [§]Autora para correspondencia: lourdescervantes@uabc.edu.mx.

Resumen

La pudrición radical en cebolla es la enfermedad más importante en el Valle de la Trinidad, Baja California, México. Con el propósito de evaluar estrategias de control para la enfermedad se realizaron tres experimentos durante 2007, 2008 y 2009. En el experimento I (2007) los tratamientos fueron: 1) Tiofanato metílico; 2) Smicobac (*Trichoderma* + *Bacillus* sp. + *Azospirillum* sp. + *Pseudomonas* sp.); 3) estiércol de bovino (EB); 4) residuos de cebolla (RC); 5) solarización plástico transparente (SPT), 6) solarización plástico negro (SPN); 7) SPT + EB; 8) SPT + RC; 9) SPN + EB; 10) SPN + RC; 11) Trichodef (*Trichoderma harzianum*); y 12) testigo. En el experimento II (2008), los tratamientos fueron los mismos excepto el tratamiento 2, sustituido por protector (extractos vegetales); y en el experimento III (2009) los tratamientos fueron: 1) SPT + estiércol de ovino (EO); 2) SPN + EO; 3) SPT; 4) SPN; 5) control biológico (*Trichoderma* spp.); y 6) control químico (2- (tiocianometiltio) benzotiazol 30%. Los resultados indicaron que los tratamientos solarización plástico transparente con o sin enmiendas orgánicas, presentaron incrementos significativos ($p \leq 0.05$) de 22 a 34% en el rendimiento y diámetro del bulbo con respecto

Abstract

Onion's root rot is the most important disease in the Trinity Valley, Baja California, Mexico. In order to evaluate strategies to control this disease, three experiments were conducted during 2007, 2008 and 2009. In experiment I (2007) the treatments were: 1) Thiophanate methyl; 2) Smicobac (*Trichoderma* + *Bacillus* sp. + *Azospirillum* sp. + *Pseudomonas* sp.); 3) cattle manure (EB); 4) waste of onion (RC); 5) clear plastic solarization (SPT); 6) black plastic solarization (SPN); 7) SPT + EB; 8) SPT + CR; 9) SPN + EB; 10) SPN + SO; 11) Trichodef (*Trichoderma harzianum*); and 12) control. In Experiment II (2008), treatments were the same except treatment 2, replaced by a protective agent (plant extracts), and in experiment III (2009) the treatments were: 1) SPT + sheep manure (EO); 2) SPN + EO; 3) SPT; 4) SPN; 5) biological control (*Trichoderma* spp.); and 6) chemical control (2- (thiocyanomethylthio) benzothiazole 30%. the results indicated that the clear plastic solarization treatments with or without organic amendments showed significant increases ($p < 0.05$) from 22 to 34% yield and diameter with respect to biological and chemical control, but the latter two treatments in the incidence and severity decreased

* Recibido: junio de 2011
Aceptado: diciembre de 2011

al control biológico y químico; sin embargo, en estos dos últimos tratamientos la incidencia y severidad se redujo significativamente ($p \leq 0.05$), por lo que la solarización con plástico transparente y el control biológico, son alternativas viables para el control de la pudrición radical en cultivos de cebolla en Baja California, México.

Palabras clave: *Fusarium oxysporum*, *Pyrenochaeta terrestres*, *Trichoderma*, solarización.

Introducción

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una de las principales hortalizas que se cultivan en México debido a su alto consumo, superficie sembrada, generación de empleos y divisas que genera. Los estados de Baja California, Chihuahua, Guanajuato, Michoacán y Tamaulipas destacan como los productores principales de esta hortaliza. En 2008 en Baja California fueron sembradas aproximadamente 6 000 ha de cebolla con producción de 153 000 toneladas, generando ingresos por más de \$4 000 000 000 y la generación de empleos (SAGARPA, 2009).

Entre los diversos patógenos que afectan al cultivo de la cebolla, destacan los hongos fitopatógenos causantes de pudriciones radicales asociadas a la presencia de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* (Havey, 1996), *Sclerotium cepivorum* (Crowe, 1996), *Pyrenochaeta terrestris* (Sumners, 1996; Montes-Belmont *et al.*, 2003) y *Pythium* spp. (Vincelli y Lorbeer, 1990). El establecimiento de estos patógenos en las raíces de cebolla, puede ser por penetración directa o por aberturas naturales y heridas, produciendo síntomas como amarillamiento en el follaje, marchitez y muerte de la planta, a consecuencia de la pudrición radical que se manifiesta como coloración café (Sumners, 1996) o rosada (Montes-Belmont *et al.*, 2003).

En el valle de la Trinidad, Baja California el cultivo de la cebolla presenta serios problemas de pudrición radical, causada por *Fusarium oxysporum*, *F. subglutinans*, y *Pyrenochaeta terrestris* (Pulido-Herrera *et al.*, 2008). Esta situación ha impactado en la economía de los productores de la región, obligándolos a cambiar de parcelas cada 2 años y abrir nuevos campos de cultivo con las consecuencias que esta práctica ocasiona al medio ambiente. El monocultivo y el manejo fitosanitario poco exitoso de las enfermedades de raíz en el valle de la Trinidad, ha ocasionado que el problema se presente continuamente ocasionando pérdidas de alrededor de las 15 t ha⁻¹ en el rendimiento (Pulido-Herrera *et al.*, 2008).

significantly ($p < 0.05$), so that the clear plastic solarization and biological control, are viable alternatives to control root rot in onion crops in Baja California, Mexico.

Key words: *Fusarium oxysporum*, *Pyrenochaeta terrestres*, *Trichoderma*, solarization.

Introduction

The onion (*Allium cepa* L.) is one of the major vegetables cultivated in Mexico due to its high consumption, acreage, create jobs and generate foreign exchange. Baja California, Chihuahua, Guanajuato, Michoacán and Tamaulipas are the main producers States of this crop. In 2008 in Baja California were planted about 6 000 ha of onion with production of 153 000 tons, generating revenues of over \$ 4 billion and employment generation (SAGARPA, 2009).

Among the various pathogens that affect the cultivation of onions, highlight the fungal pathogens causing root rots associated with the presence of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* (Havey, 1996), *Sclerotium cepivorum* (Crowe, 1996), *Pyrenochaeta terrestris* (Sumners, 1996, Montes-Belmont *et al.*, 2003) and *Pythium* spp. (Vincelli and Lorbeer, 1990). The establishment of these pathogens in the roots of onion can be by direct penetration or through natural openings and wounds, producing symptoms such as yellowing of the leaves, wilting and plant death as a result of root rot manifested as browning (Sumners, 1996) or pink coloration (Montes-Belmont *et al.*, 2003).

In The Trinity Valley, Baja California, onion cultivation has serious problems of root rot caused by *Fusarium oxysporum*, *F. subglutinans*, and *Pyrenochaeta terrestris* (Pulido-Herrera *et al.*, 2008). This situation has impacted the local farmers' economy, forcing them to change plots every 2 years and open new fields, with the consequences that this practice causes to the environment. The Monoculture and unsuccessful phytosanitary management of plant root diseases in The Trinity Valley, has caused that the problem occurs continuously causing losses of around 15 t ha⁻¹ in yield (Pulido-Herrera *et al.* 2008).

The management of diseases that originate in soil, commonly is made by using chemicals products (Oezer and Oemeroglu, 1995, Zavaleta-Mejía, 1999), nevertheless, currently there are alternatives with less impact to the environment. For

El manejo de las enfermedades que tienen su origen en el suelo, comúnmente se realiza con productos químicos (Oezer y Oemeroglu, 1995; Zavaleta-Mejía, 1999); sin embargo, a la fecha se tienen otras alternativas con menor impacto al ambiente. Por ejemplo, la biofumigación, con la cual se puede lograr la reducción de enfermedades con origen en el suelo, a través del efecto tóxico de los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica incorporada al suelo (Bello *et al.*, 2002) de diferentes especies del género *Allium* (Yáñez-Juárez *et al.*, 2001; Auger *et al.*, 2004); de la familia de las brassicáceas, (Zavaleta-Mejía *et al.* 1992) y de la especie *Tagetes erecta* (cempasúchil) (Zavaleta-Mejía, 1999; Zavaleta-Mejía y Gómez, 2003). Asimismo, la incorporación de estiércoles (ovino, bovino, gallina, etc.) puede suprimir las enfermedades radicales, debido a la diversidad biológica que presenta (Yáñez-Juárez *et al.*, 2001; Ulacio-Osorio *et al.*, 2006).

La implementación de prácticas ecológicas como la solarización, es otra alternativa de control de plagas del suelo con reducidos efectos al ambiente. El principio de esta práctica es el calentamiento del suelo por medio de la radiación solar mediante el uso de cubiertas de plástico (Katan, 1980; 1981). Otros beneficios del efecto de la solarización es el incremento de nitrógeno disponible en forma de amonio (NH_4) y nitratos (NO_3), reflejándose en mayores rendimientos (25% a 85%) (Adetunji, 1994). Los microorganismos antagonistas también son utilizados como agentes de control biológico, tal es el caso del hongo *Trichoderma* spp., que es reconocido como agente de control biológico contra enfermedades causadas por hongos fitopatógenos del suelo (Harman, 2006).

En el valle de la Trinidad, para el manejo de las enfermedades con origen en el suelo con mayor frecuencia se aplican los fungicidas tiofanato metílico 70% y (2-(tiocianometiltio) benzotiazol 30%, extractos vegetales de neem (Protector[®]), y ocasionalmente productos biológicos a base de *Trichoderma* spp. (Trichodef[®], AMC Chemical & Trichodex) y *Trichoderma* + *Bacillus* sp. + *Azospirillum* sp. + *Pseudomonas* sp. (SmicoBac). Generalmente la aplicación de estos últimos se lleva a cabo sin que se hayan realizado evaluaciones previas en la región, de ahí el interés de evaluarlos en la presente investigación. Con base a lo anterior los objetivos de este estudio fueron: evaluar el efecto de control químico, biológico, enmiendas orgánicas y solarización con plástico transparente y negro, sobre la incidencia y severidad de la pudrición radical de la cebolla; y el impacto de estas prácticas en la diversidad biológica, indicadores de fertilidad del suelo y rendimiento de la cebolla en el valle de la Trinidad.

example, biofumigation, with which it is possible to achieve reductions in illnesses from diseases originated in the soil, through the toxic effect derivate from gases released during the decomposition process of soil organic matter (Bello *et al.*, 2002) from different *Allium* species (Yáñez-Juárez *et al.*, 2001, Auger *et al.*, 2004), Brassicaceae family (Zavaleta-Mejía *et al.*, 1992) or from *Tagetes erecta* (marigold) (Zavaleta-Mejía, 1999; Zavaleta-Mejía and Gomez, 2003). Furthermore, the incorporation of manures (sheep, cattle, chicken, etc..) can suppress root diseases due to biological diversity involved (Yáñez-Juárez *et al.*, 2001; Ulacio-Osorio *et al.*, 2006).

The implementation of green practices like solarization, is another alternative pest control soil with low impact to the environment. The principle of this practice is the warming of the soil by means of solar radiation by using plastic covers (Katan, 1980; 1981). Other benefits of solarization effect is the increase in nitrogen available as ammonium (NH_4) and nitrates (NO_3), reflected in higher yields (25% to 85%) (Adetunji, 1994). Antagonistic microorganisms are also used as biological control agents; such is the case of the fungus *Trichoderma* spp., which is recognized as a biological control agent against diseases caused by phytopathogenic soil fungi (Harman, 2006).

For the management of diseases originated in the soil, in The Trinity Valley often apply the fungicides thiophanate methyl 70% (2 - (thiocyanomethylthio) benzothiazole 30%, plant extracts of neem (Protector[®]), and occasionally biological products based on *Trichoderma* spp. (Trichodef[®], Chemical & Trichodex AMC) and *Trichoderma* + *Bacillus* sp. + *Azospirillum* sp. + *Pseudomonas* sp. (SmicoBac). Generally the application of the latter is carried out without any previous assessments conducted in the region, hence the interest of this work to evaluate them. Based on the above, the objectives of this study were: to evaluate the effect of chemical, biological, organic amendments and solarization with both plastic covers, transparent and black, in the incidence and severity of onion root rot; the impact of these practices on biodiversity, indicators of soil fertility and onion yield in The Trinity valley.

Materials and methods

In The Trinity valley, municipality of Ensenada, Baja California, Mexico, located at coordinates 31° 21' 22" north latitude and 115° 44' 56" west longitude and 780 masl, during

Materiales y métodos

Se establecieron tres experimentos en el periodo 2006-2009 en el valle de la Trinidad, municipio de Ensenada, Baja California, México; ubicado en las coordenadas 31° 21' 22" latitud norte y 115° 44' 56" longitud oeste y 780 msnm. En los tres experimentos, se utilizó planta producida en almácigo por los agricultores de la zona. El trasplante se realizó de forma manual a 60 días después de emergidas las plántulas en cuatro hileras por surco. El experimento I y II se fertilizó con la fórmula 45-45-45 kg ha⁻¹ de nitrógeno, fósforo y potasio; la aplicación se fraccionó en tres partes 15, 45 y 65 días después del trasplante. El experimento III se fertilizó con 140-60-160 kg ha⁻¹ de nitrógeno, fósforo y potasio distribuidos cada siete días en el riego por goteo hasta el final del cultivo. En el primer experimento se utilizó la variedad Aspen y en el segundo y tercero la variedad Sterling; para la solarización se utilizó plástico transparente y negro de 100 µm de espesor, los cuales fueron retirados al momento del trasplante.

Experimento I. Comprendió el periodo de agosto 2006 a julio 2007 y se estableció en una parcela con textura arcillosa, pH 8, tres años en monocultivo con cebolla e infestada con *F. oxysporum*, *F. subglutinans* y *P. terrestris* asociadas a la pudrición radical en cebolla (Pulido-Herrera *et al.*, 2008). Los tratamientos fueron: 1) control químico (Q) con tiofanato metílico 70% 1 kg ha⁻¹; 2) control biológico (Biol) con SmicoBac (*Trichoderma* + *Bacillus* sp. + *Azospirillum* sp. + *Pseudomonas* sp.) 4 L ha⁻¹; 3) 7 kg de estiércol de bovino (EB) por 1.5 m²; 4) 4 kg de residuos de cebolla (RC) por 1.5 m²; 5) solarización plástico transparente (SPT); 6) solarización plástico negro (SPN); 7) SPT + 7 kg de EB por 1.5 m²; 8) SPT + 4 kg de RC por 1.5 m²; 9) SPN + 7 kg de EB por 1.5 m²; 10) SPN + 4 kg de RC por 1.5 m²; 11) control biológico (Biol) con Trichodef (*Trichoderma harzianum*) 4 L ha⁻¹; y 12) testigo sin tratamiento. La aplicación de los microorganismos antagonistas y fungicida se realizó con una bomba de aspersión manual Swissmex® modelo 501SW, dirigida al cuello de las plantas a intervalos de 15 días.

Experimento II. Se realizó de abril a septiembre de 2008, en un terreno contiguo al primero con condiciones y aplicación de tratamientos similares al experimento I, sustituyendo por falta de SmicoBac el tratamiento 2 (Biol) por Protector (extractos vegetales) a razón de 1 L ha⁻¹ cada 15 días.

2006-2009, three experiments were established. In all these experiments, we used plant nursery produced by farmers in the area. The transplant was performed manually at 60 days after the seedlings emerged in four rows per groove. The experiment I and II, were fertilized with 45-45-45 kg ha⁻¹ nitrogen, phosphorus and potassium. The application was fractionated into three parts 15, 45 and 65 days after transplantation. The experiment III was fertilized with 140-60-160 kg ha⁻¹ nitrogen, phosphorus and potassium distributed every seven days in the drip irrigation until the end of the cultivation period. In the first experiment it was used the Aspen variety, and in the second and third the Sterling variety. For solarization it was used plastic cover both transparent and black 100 microns thick, which were removed at the time of transplantation.

Experiment I. It was involved from August 2006 to July 2007 period, and settled on a plot with clay texture, pH 8, three years in monoculture with onions and infested with *F. oxysporum*, *F. subglutinans* and *P. terrestris* associated with root rot in onions (Pulido-Herrera *et al.*, 2008). The treatments were: 1) chemical control (Q) with thiophanate methyl 70% 1 kg ha⁻¹; 2) biological control (Biol) with SmicoBac (*Trichoderma* + *Bacillus* sp. + *Azospirillum* sp. + *Pseudomonas* sp.) 4 L ha⁻¹; 3) 7 kg of cattle manure (EB) for 1.5 m²; 4) 4 kg onion waste (RC) for 1.5 m²; 5) clear plastic solarization (SPT); 6) black plastic solarization (SPN); 7) SPT + 7 kg of EB for each 1.5 m²; 8) SPT + 4 kg of RC each 1.5 m²; 9) SPN + 7 kg of EB and 1.5 m²; 10) SPN + 4 kg of RC by 1.5 m²; 11) biological control (Biol) with Trichodef (*Trichoderma harzianum*) 4 L ha⁻¹; and 12) untreated control. The application of antagonistic microorganisms and fungicide was performed with a manual spray pump Swissmex® model 501SW, to the neck of the plants at intervals of 15 days.

Experiment II. It was conducted from April to September 2008, on land adjacent to the first application with conditions and treatments similar to experiment I, substituting the treatment 2 due to non-availability of SmicoBac (Biol) by Protector (plant extracts) at 1 L ha⁻¹ every 15 days.

Experiment III. Based on information obtained from experiment I and II, were chosen treatments showed better response in the control of root rot in onions, replaced due non-availability of bovine manure by the sheep one. The experiment was conducted from April to September 2009 in a plot with sandy loam soil, pH 8.1, three years of monoculture with onion and infested with

Experimento III. Con base a información obtenida de los experimento I y II, se eligieron los tratamientos que mostraron mejor respuesta en el control de la pudrición radical en cebolla, sustituyendo por no disponibilidad el estiércol de bovino por el de ovino. El experimento se realizó de abril a septiembre de 2009 en una parcela con suelo de textura franco arenosa, pH 8.1, tres años de monocultivo con cebolla e infestada con los patógenos mencionados. Los tratamientos que se aplicaron fueron: 1) SPT + 4 kg de estiércol de ovino (EO) por 1.5 m²; 2) SPN + 4 kg de EO por 1.5 m²; 3) SPT; 4) SPN; 5) control químico (2-(tiocianometiltio) benzotiazol 30% 4 L ha⁻¹); y 6) control biológico con cepas de *Trichoderma* spp. (1X10¹² UFC m⁻²) provenientes de la zona de estudio (Cervantes *et al.*, 2009). Una hora antes de finalizar el riego en la línea de riego por goteo se inyectaron las concentraciones del hongo antagonista y el fungicida, a intervalos de 15 días.

Variables evaluadas

Temperatura del suelo. En una de las parcelas de los tratamientos SPT, SPN + EB y testigo se registró la temperatura cada 60 min a una profundidad de 10 y 30 cm en los experimentos I y II; en el experimento III se registró la temperatura a 20 cm de profundidad en los mismos tratamientos. Se utilizaron sensores EL-USB-1, El Esasy Log[®] (Lascar Electronics, USA), para registrar las temperaturas promedio y máxima del suelo; con los datos obtenidos se estimó el número de horas con temperaturas mayores de 30°, >35° y >40 °C. Los periodos de solarización en los experimentos I, II y III fueron de 7, 6 y 8 semanas en 2007, 2008 y 2009, respectivamente.

Características químicas del suelo. En los experimentos I y II se determinó el contenido de nitrato (NO₃), fosfato (PO₄), potasio (K), potencial hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica (CE) en extracto de suelo con los siguientes equipos portátiles: Horiba[®] (Envco-Environmental Equipment, EUA) cardy twin nitrate meter; Hanna instruments[®] (Grupo HANNA Instruments, Italia) phosphate low range; Horiba[®] cardy potassium meter y Hanna Instruments[®] pH/EC/TDS, respectivamente. Las Características químicas del suelo se realizaron antes de establecer los experimentos y al finalizar el ciclo del cultivo.

Variables biológicas. Con la finalidad de conocer el efecto de los métodos de control sobre la diversidad biológica del suelo, en el Experimento I y II al momento del trasplante y de la cosecha se colectó suelo a 0-30 cm de profundidad de todos los tratamientos para estimar las unidades formadoras de colonias de bacterias fluorescente (BF), bacterias no

the pathogens mentioned. The treatments applied were: 1) SPT + 4 kg of sheep manure (EO) per 1.5 m², 2) SPN + 4 kg of EO per 1.5 m², 3) SPT, 4) SPN, 5) chemical control (2 - (thiocyanomethylthio) benzothiazole 30% 4 L ha⁻¹), and 6) biological control strains of *Trichoderma* spp. (1x10¹² CFU m⁻²) from the study area (Cervantes *et al.*, 2009). An hour before the end of the line irrigation drip concentrations were injected antagonist fungus and fungicide every 15 days.

Variables evaluated

Soil temperature. In one of the plots of SPT treatments, SPN + EB and control, temperature was recorded every 60 min to a depth of 10 to 30 cm in experiments I and II; in the experiment III temperature was recorded at 20 cm depth in the same treatments. Sensors were used EL-USB-1, The Esasy Log[®] (Lascar Electronics, USA), to record the highest and average soil temperatures, with the data obtained it was estimated the number of hours with temperatures above 30°, > 35° and > 40 °C. Solarization periods in experiments I, II and III were 7, 6 and 8 weeks in 2007, 2008 and 2009, respectively

Soil chemical characteristics. In experiments I and II it was determined the content of nitrate (NO₃), phosphate (PO₄), potassium (K), potential hydrogen (pH) and electrical conductivity (EC) in soil extract with the following laptops: Horiba[®] (Envco-Environmental Equipment, USA) cardy twin nitrate meter, Hanna Instruments[®] (Group HANNA Instruments, Italy) phosphate low range; Horiba[®] cardy potassium meter and Hanna Instruments[®] pH/EC/TDS, respectively. The soil chemical characteristics were performed before setting the experiments and after the crop cycle.

Biological variables. In order to determine the effect of control methods on soil biodiversity, in Experiment I and II at transplanting and harvest, soil samples were collected at 0-30 cm depth of all treatments to estimate colony forming units of fluorescent bacteria (FB), non-fluorescent bacteria (NFB) and fungi (F) by seeding serial dilutions technique dilutions 1*10⁶, 1*10⁵ and 1*10⁴, respectively. For bacteria culture it was used the B King medium (King *et al.*, 1954) and Martin medium for fungi (Martin, 1950). Seeded boxes were incubated at 28° C for 8 days. Also it was determined the number of free-living nematodes (NFLN) and phytopathogenic (NP) in 50 cm³ of soil, making the extraction of them with the centrifugation-floatation technique (Jenkins, 1964).

fluorescentes (B) y de hongos (H), mediante la técnica de diluciones seriadas sembrando las diluciones 1×10^6 , 1×10^5 y 1×10^4 , respectivamente. Para las bacterias se utilizó el medio de cultivo B de King (King *et al.*, 1954) y el medio de Martin para los hongos (Martin, 1950). Las cajas sembradas se incubaron a 28 °C por 8 días. También se determinó el número de nematodos de vida libre (NVL) y fitopatógenos (NP) en 50 cm³ de suelo, realizando la extracción de los mismos con la técnica de centrifugación-flotación (Jenkins, 1964).

Incidencia y severidad. En los experimentos I y II, la incidencia y severidad de la enfermedad se estimó al final del cultivo y se determinó en 16 plantas colectadas aleatoriamente por unidad experimental. En el experimento III, se registró la incidencia y severidad de la enfermedad a los 23, 45 y 90 días después del trasplante de la cebolla (DDT), colectando cuatro plantas por unidad experimental. Para la incidencia de plantas enfermas, se registró el número de plantas con raíces de color café (INCRRC) *Fusarium* spp., rosada (INCRR) *Pyrenochaeta terrestris* y muertas (INCRM) ambos patógenos (Pulido-Herrera *et al.*, 2008). El porcentaje de incidencia se calculó con la fórmula siguiente: Incidencia (%) = número de plantas enfermas * 100 / total de plantas observadas.

La severidad se evaluó de manera visual mediante una escala arbitraria, donde: 1 = 1-2% de raíces de color café (SEVRC), o rosa (SEVRR) o de raíces muertas (SEVRM); 2 = 3-15%; 3 = 16-40%; 4 = 41-65%; y 5 = 66-100%. Para calcular el porcentaje de severidad se utilizó la fórmula de Townsend y Heuberger: $P = [\sum(n*v) / CM*N] * 100$. Donde: P = media ponderada de severidad, n = número de plantas por cada clase en la escala, v = valor numérico de cada clase, CM = categoría mayor y N = número total de plantas evaluadas.

Rendimiento y calidad de la cebolla. El rendimiento total (REN) se estimó tomando una muestra al azar de 100 bulbos de cebolla por tratamiento. Para evaluar la calidad se consideró el diámetro del bulbo, clasificándose en las categorías: chica < 5 cm (RENCH), mediana-chica 5 a 6.9 cm (RENMCH), mediana-grande 7 a 8.9 cm (RENMG) y grande > 9 cm (RENG) (Mercosur, 2004).

Diseño experimental y análisis estadístico. Los tres experimentos se establecieron bajo un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones para el experimento I y cuatro para el experimento II y III. El tamaño de la parcela experimental fue de 4.8 m² para los experimentos I y II y de 12.8 m² para el experimento III. En los tres experimentos la parcela útil consistió de las dos líneas centrales. Los

Incidence and severity. In experiments I and II, the incidence and severity of the disease was estimated at the end of culture by using 16 plants randomly collected per plot. In experiment III, it was recorded the incidence and severity of disease at 23, 45 and 90 days after transplanting of onion (DAT), collecting four plants per plot. For the incidence of diseased plants, it was recorded the number of plants with brown roots (NPWBR) *Fusarium* spp., Pink (NPWPR) *Pyrenochaeta terrestris* and dead (NPM) for both pathogens (Pulido-Herrera *et al.*, 2008). The percentage of incidence was calculated using the following formula: Incidence (%) = number of diseased plants * 100 / total of plants observed.

The severity was assessed visually using an arbitrary scale, wherein: 1 = 1-2% of brown roots (SEVBR) or pink (SEVPR) or dead roots (SEVDR), 2 = 3-15%; 3 = 16-40%, 4 = 41-65%, and 5 = 66-100%. To calculate the percentage of severity it was used Townsend and Heuberger formula: $P = [\sum(n*v) / MC*N] * 100$. Where: P = weighted average of severity, n = number of plants per class in the scale, v = numerical value of each class, MC = major category and N = total number of plants evaluated.

Onion yield and quality. The total yield (TY) was estimated by taking a random sample of 100 onion bulbs per treatment. To assess the quality was considered the diameter of the bulb, classified in categories: Short < 5 cm (Sh), short-medium 5 to 6.9 cm (ShM), medium-large 7 to 8.9 cm (MtL) and large > 9 cm (La) (MERCOSUR, 2004).

Experimental design and statistical analysis. Three experiments were established under a randomized blocks design with five replicates for experiment I and four for Experiment II and III. The experimental plot size was 4.8 m² for experiments I and II, and 12.8 m² for experiment III. In all three experiments the useful plot consisted of two center lines. The results were evaluated by analysis of variance and due to not observing significant differences between treatments, it was decided to make averages comparisons by orthogonal contrasts, using SAS for Windows version 9.1. (SAS, 2002-2003).

Results

Environmental conditions. The environmental conditions during solarization periods of the experiments I, II and III were: minimum temperature of 12,3 and 4 ° C, maximum

resultados obtenidos se evaluaron por análisis de varianza y al no observar diferencias significativas entre los tratamientos, se decidió hacer comparaciones de medias por contrastes ortogonales, utilizando el programa SAS para Windows versión 9.1 (SAS, 2002-2003).

Resultados

Condiciones ambientales. Las condiciones ambientales durante los periodos de solarización de los experimentos I, II y III fueron: temperatura mínima de 12, 3 y 4 °C; máxima de 33, 25 y 27 °C; promedio de 22, 15 y 17 °C; radiación solar promedio 553, 655, 648 Cal cm⁻²; 3 días de precipitación con 25 mm, 22 días de precipitación con 428 mm y 10 días de precipitación con 305 mm; humedad relativa de 51, 57 y 59%; velocidad del viento de 6.5, 9 y 9 km h⁻¹, respectivamente. En el experimento I establecido en verano, se presentaron las mejores condiciones para la solarización, ya que la temperatura mínima, máxima y promedio fueron de 9 y 8 °C, 8 y 6 °C, 7 y 5 °C por arriba del experimento II y III, respectivamente, los cuales se establecieron en primavera.

La precipitación pluvial, humedad relativa y velocidad del viento fueron superiores en primavera con 403 y 280 mm, 6 y 8% y 2.5 km h⁻¹ respecto al experimento I; la radiación solar fue 95-102 Cal cm⁻² mayor en primavera que en verano; sin embargo, acumularon menos horas (397, 233 y 51) con temperaturas mayores de 30°, >35° y >40 °C, respectivamente, en los tratamientos solarizados, esto debido a las bajas temperaturas, alta humedad y precipitación pluvial registrada durante el periodo de solarización.

Temperatura del suelo y horas térmicas acumuladas. En los experimentos I y II, las temperaturas más altas se presentaron a 10 cm de profundidad y cuando se solarizó con plástico transparente (SPT) en comparación con el plástico negro (SPN). La temperatura promedio fue similar en SPT y SPN con una diferencia de 2 a 4 °C con respecto al testigo. La temperatura máxima en SPT fue de 47.2 °C a 10 cm de profundidad, con 4.7 y 6.2 °C por arriba del tratamiento SPN y el testigo, respectivamente. La temperatura con SPT fue de 44.3 °C a 30 cm de profundidad y 3.3 °C mayor que con SPN y el testigo.

Variables químicas del suelo. En el experimento I, el NO₃ se incrementó 30% en los tratamientos solarizados con respecto a tratamientos no solarizados ($p \leq 0.01$). La cantidad de PO₄ en tratamientos solarizados fueron 18.5%

33, 25 and 27 °C, average of 22, 15 and 17 °C; average solar radiation 553, 655 and 648 Cal cm⁻², and 3 days of rainfall with 25 mm, 22 days of rainfall with 428 mm and 10 days with 305 mm of precipitation, relative humidity of 51, 57 and 59 %, wind speed 6.5, 9 and 9 km h⁻¹, respectively. In experiment I established in summer, provided the best conditions for solarization, due to the minimum, maximum and average temperatures were 9 and 8 °C, 8 and 6 °C and 7 and 5 °C above these during experiment II and III, respectively, which were established in spring.

The rainfall, relative humidity and wind speed were higher in spring with 403 and 280 mm, 6 and 8 % and 2.5 km h⁻¹ compared to experiment I. The solar radiation was 95-102 Cal cm⁻² higher in spring than in summer, but accumulated fewer hours (397, 233 and 51) with temperatures above 30°, > 35° and > 40 °C, respectively, in solarized treatments, this due to low temperatures, high humidity and rainfall recorded during the solarization period.

Soil temperature and heat hours accumulated. In experiments I and II, higher temperatures were presented to 10 cm deep and when the soil was solarized with clear plastic (STP) compared with black plastic (SBP). The average temperature was similar in STP and SBP with a difference of 2 to 4 °C with respect to control. The maximum temperature in STP was 47.2 °C to 10 cm deep, 4.7 and 6.2 °C above the SBP and the control treatment, respectively. The STP temperature was 44.3 °C at 30 cm depth and 3.3 °C higher than with SBP and the control.

Soil chemical variables. In experiment I, NO₃ increased 30% in the solarized treatments regarding non-solarized treatments ($p \leq 0.01$). The amount of PO₄ in solarized treatments were 18.5% higher than non-solarized and higher content of PO₄ (3.42 ppm) was estimated in the Biol treatment ($p \leq 0.01$). In the plots solarized and non-solarized, there was no significant difference in K concentration in soil, pH was slightly higher in the solarized plots, while electrical conductivity (EC) was lower.

In Experiment II, NO₃ and PO₄ behavior was similar to Experiment I. While K was 28.6% higher in solarized treatments ($p \leq 0.01$). The pH and EC were similar to experiment I. At harvest time in the experiment I, solarized treatments had 13 % more NO₃ regarding non-solarized treatments ($p \leq 0.01$). The amount of PO₄ and K remained in the same proportion, while the pH and EC increased in solarized plots ($p \leq 0.01$) (Table 1).

más alto que no solarizados y el mayor contenido de PO_4 (3.42 ppm) se estimó en el tratamiento Biol ($p \leq 0.01$). En las parcelas solarizadas y no solarizadas, no hubo diferencia significativa en la concentración de K en el suelo; el pH fue ligeramente mayor en las parcelas solarizadas, mientras que conductividad eléctrica (CE) fue menor.

En el experimento II, el comportamiento del NO_3 y PO_4 fue similar al experimento I. Mientras que el K fue 28.6% superior en los tratamientos solarizados ($p \leq 0.01$). El pH y CE fueron similares al experimento I. Al momento de la cosecha en el experimento I, los tratamientos solarizados presentaron 13% más de NO_3 con respecto a los tratamientos no solarizados ($p \leq 0.01$). La cantidad de PO_4 y K se mantuvo en la misma proporción, mientras que el pH y la CE se incrementó en las parcelas solarizadas ($p \leq 0.01$) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de la solarización, materia orgánica, control químico y biológico sobre la química del suelo del experimento I (agosto de 2006 a julio de 2007) al momento de cosecha de la cebolla.

Table 1. Effect of solarization, organic matter, chemical and biological control on soil chemistry of experiment I (August 2006 to July 2007) at onion harvest time.

Contrastes ^a	pH	CE(mmhos g ⁻¹)	NO_3 (ppm)	PO_4 (ppm)	K (ppm)
EB vs RC	8.02 vs 8.09**	1.97 vs 1.85**	18 vs 18.3	5.3 vs 2.9**	43.3 vs 31.3**
Q vs EB	8.11 vs 8.02**	1.87 vs 1.97**	13 vs 18**	2.5 vs 5.3**	33 vs 43.3**
Q vs RC	8.11 vs 8.09	1.87 vs 1.85	13 vs 18.3**	2.5 vs 3**	33 vs 31.3
Q vs SPT	8.11 vs 8.1	1.87 vs 1.98*	13 vs 18**	2.5 vs 3.12**	33 vs 32
Q vs SPN	8.11 vs 8.09	1.87 vs 1.82*	13 vs 20.3**	2.5 vs 4.1**	33 vs 35
Q vs Biol	8.11 vs 8.16**	1.87 vs 1.72**	13 vs 13.5**	2.5 vs 3.9**	33 vs 42.5**
Biol vs RC	8.16 vs 8.09**	1.72 vs 1.85**	13.5 vs 18.3**	3.9 vs 3*	42.5 vs 31.3**
Biol vs SPT	8.16 vs 8.1**	1.72 vs 1.82**	13.5 vs 18**	3.9 vs **	42.5 vs 32**
Biol vs SPN	8.16 vs 8.09**	1.72 vs 1.98**	13.5 vs 20.3**	3.9 vs 3.12	42.5 vs 35**
SPT vs SPN	8.1 vs 8.09	1.82 vs 1.98**	18 vs 20.3**	3.12 vs 4.1**	32 vs 35
Sol vs No sol	8.1 vs 8.1	1.9 vs 1.78**	19.16 vs 16.66**	3.61 vs 3.58	33.5 vs 39.16

^a= contrastes ortogonales, análisis por SAS (2002-2003); pH= potencial hidrogeno; CE= conductividad eléctrica; NO_3 = nitrato; PO_4 = fosfato; K= potasio; Q= control químico; Biol= control biológico; EB= estiércol bovino; RC= residuos de cebolla; SPT= solarización con plástico transparente; SPN= solarización con plástico negro. *=($p \leq 0.05$), **=($p \leq 0.01$).

En el experimento II, el comportamiento fue diferente, el NO_3 y K en los tratamientos no solarizados fueron superiores en 44.7% y 12.4%, respectivamente ($p \leq 0.01$). En tanto que el PO_4 fue mayor con 22.7% con respecto a los no solarizados ($p \leq 0.01$). El pH varió ligeramente, mientras que la CE disminuyó 0.7 mmhos en ambos tratamientos.

Variables biológicas. En el experimento I y II, con la solarización e incorporación de enmiendas orgánicas, no se observaron cambios significativos en la densidad de B, H y NP al momento del trasplante, solamente el experimento I se incrementó el número de nematodos

In experiment II, the behavior was different, the NO_3 and K in non-solarized treatments were higher in 44.7% and 12.4% respectively ($p \leq 0.01$). While the PO_4 was 22.7 % higher compared to non-solarized ($p < 0.01$). The pH varied slightly, while the EC decreased 0.7 mmhos in both treatments.

Biological variables. In experiment I and II, with solarization and incorporation of organic amendments, there were no significant changes in the density of B, H and PN at the time of transplantation, only experiment I increased the number of free-living nematodes (NFLN) in 37.5%, in the solarized treatments and with amendments ($p \leq 0.01$ and 0.05). In experiment II, F was significantly increased 65.7% ($p \leq 0.01$) in non-solarized and CR treatments compared to BE and chemical control (Q), the amount of H and NFLN was higher in SBP than in Q and STP ($p \leq 0.01$ and 0.05) (Table 2 and 3).

At harvest time, there were no significant differences ($p \leq 0.05$) between treatments in populations of B, FB, H, F and PN, only in the experiment I it was observed diminished the population of FLN in solarized treatments ($p \leq 0.05$) and increased in CR and Biol. treatments ($p \leq 0.05$) (Table 2). In experiment II, it was significantly increased the density of B in the CR treatment compared with Q and Biol, ($p \leq 0.01$) and NPS with respect to Q ($p \leq 0.01$) (Table 4).

Incidence and severity. All treatments evaluated in experiments I and II showed 100% incidence of the disease at the end of the crop. In experiment I, at the time of harvest there were no significant differences in the SEVRC

de vida libre (NVL) en 37.5%, en los tratamientos solarizados y con las enmiendas ($p \leq 0.01$ y 0.05). En el experimento II, F se incrementó significativamente 65.7% ($p \leq 0.01$) en los tratamientos no solarizados y RC con respecto a EB y control químico (Q); la cantidad de H y NVL fue mayor en SPN que en Q y SPT ($p \leq 0.01$ y 0.05) (Cuadro 2 y 3).

and SEVRR, only in the solarization treatments were significantly reduced ($p \leq 0.05$) the SEVMR of 71.3 to 63.7% compared to non-solarized (Table 5 .)

In experiment II, treatment with lower ESVCr were CR and STP, also the solarized showed 4.72% less than non-solarized ($p \leq 0.01$). Q and CR treatments were less ESRRV that

Cuadro 2. Efecto de la solarización, materia orgánica, control químico y biológico sobre la biota del suelo del experimento I (agosto de 2006 a julio de 2007) antes del trasplante de la cebolla.

Table 2. Effect of solarization, organic matter, chemical and biological control on soil biota in experiment I (August 2006 to July 2007) before onion transplantation.

Contrastes ^a	F (10 ⁴ UFC g ⁻¹)	H (10 ⁴ UFC g ⁻¹)	NP (50 cm ³)	NVL (50 cm ³)
EB vs RC	0.32 vs 0.06**	0.54 vs 1.14*	1.86 vs 1.26	48.8 vs 52.5
Q vs EB	0.06 vs 0.32*	0.6 vs 0.54	1.4 vs 1.86	10.4 vs 48.8**
Q vs RC	0.06 vs 0.06	0.6 vs 1.14	1.4 vs 1.26	10.4 vs 52.53**
Q vs SPT	0.06 vs 0.2	0.6 vs 0.5	1.4 vs 1.4	10.4 vs 30.5*
Q vs SPN	0.06 vs 0.12	0.6 vs 0.32	1.4 vs 2.6	10.4 vs 45.6*
Q vs Biol	0.06 vs 0.03	0.6 vs 0.57	1.4 vs 2.2	10.4 vs 13.7
Biol vs RC	0.03 vs 0.06	0.57 vs 1.14	2.2 vs 1.26	13.7 vs 52.53**
Biol vs SPT	0.03 vs 0.2*	0.57 vs 0.5	2.2 vs 1.4	13.7 vs 30.5*
Biol vs SPN	0.03 vs 0.12	0.57 vs 0.32	2.2 vs 2.6	13.7 vs 45.6**
SPT vs SPN	0.2 vs 0.12	0.5 vs 0.32	1.4 vs 2.6*	30.5 vs 45.6*
Sol vs No sol	0.16 vs 0.09	0.64 vs 0.75	2.0 vs 4.6	39.73 vs 24.83**

^a= contrastes ortogonales, análisis por SAS (2002-2003); F= unidades formadoras de colonias de *Fusarium* spp.; H= unidades formadoras de colonias de hongos saprofitos; NP= nematodos patógenos; NVL= nematodos de vida libre; Q= control químico; Biol= control biológico; EB= estiércol bovino; RC= residuos de cebolla; SPT= solarización con plástico transparente; SPN= solarización con plástico negro. *=($p \leq 0.05$), **=($p \leq 0.01$).

Cuadro 3. Efecto de la solarización, materia orgánica, control químico y biológico sobre la biota del suelo del experimento II (abril a septiembre de 2008) antes del trasplante de la cebolla.

Table 3. Effect of solarization, organic matter, chemical and biological control on soil biota in experiment II (April to September 2008) before onion transplantation.

Contrastes ^a	F (10 ⁴ UFC g ⁻¹)	H (10 ⁴ UFC g ⁻¹)	NVL (50 cm ³ suelo)	B (10 ⁶ UFC g ⁻¹)
EB vs RC	0.4 vs 2.4*	0.78 vs 0.95	103.9 vs 70.6	4.3 vs .3
Q vs EB	1.0 vs 0.4	0.37 vs 0.78	12.5 vs 103.9	2.8 vs 4.3
Q vs RC	1.0 vs 2.4*	0.37 vs 0.95	12.5 vs 70.6	2.8 vs 5.3
Q vs SPT	1.0 vs 0.5	0.37 vs 0.76	12.5 vs 58.5	2.8 vs 2.7
Q vs SPN	1.0 vs 0.6	0.37 vs 1.15**	12.5 vs 108	2.8 vs 3.6
Q vs Biol	1.0 vs 1.5	0.37 vs 0.55	12.5 vs 27.8	2.8 vs 2.9
Biol vs RC	1.5 vs 2.4*	0.55 vs 0.95	27.8 vs 70.6	2.9 vs 5.3
Biol vs SPT	1.5 vs 0.5	0.55 vs 0.76	27.8 vs 58.5	2.9 vs 2.7
Biol vs SPN	1.5 vs 0.6	0.55 vs 1.15	27.8 vs 108	2.9 vs 3.6
SPT vs SPN	0.5 vs 0.6	0.76 vs 1.15	58.5 vs 108*	2.7 vs 3.6
Sol vs No sol	0.6 vs 1.75**	0.96 vs 0.84	63.9 vs 42.3	2.7 vs 3.6

^a= contrastes ortogonales, análisis por SAS (2002-2003); F= unidades formadoras de colonias de *Fusarium* spp.; H= unidades formadoras de colonias de hongos saprofitos; NP= nematodos patógenos; NVL= nematodos de vida libre,); B= unidades formadoras de bacterias no fluorescentes; Q= control químico; Biol= control biológico; EB= estiércol bovino; RC= residuos de cebolla; SPT= solarización con plástico transparente; SPN= solarización con plástico negro; *=($p \leq 0.05$), **=($p \leq 0.01$).

Al momento de la cosecha, no se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos en las poblaciones de B, BF, H, F y NP, únicamente en el experimento I se observó disminuida la población de NVL en los tratamientos solarizados ($p \leq 0.05$) y aumentó en los tratamientos RC y Biol ($p \leq 0.05$) (Cuadro 2). En el experimento II, se incrementó significativamente la densidad de B en el tratamiento con RC comparado con el Q y Biol, ($p \leq 0.01$) y SPN con respecto al Q ($p \leq 0.01$) (Cuadro 4).

BE and SBP ($p \leq 0.01$), while STP treatment, Q and Biol not evidenced significant difference between them. The ESVMR was lower with 6.4% in treatment CR regarding Biol. ($p \leq 0.05$), while the solarized treatments had 3.33% below the non-solarized, although statistically not significant (Table 4).

In experiment III, it was observed the incidence and severity of rootrot of onion at 23, 45 and 90 days after transplanting (DAT). Although there was no statistical difference, numerically

Cuadro 4. Efecto de la solarización, materia orgánica, control químico y biológico sobre las bacterias, severidad y rendimiento del experimento II (abril a septiembre de 2008) al momento de la cosecha de la cebolla.

Table 4. Effect of solarization, organic matter, chemical and biological control on bacteria, severity and yield of experiment II (April to September 2008) at onion harvest time.

Contrastes ^a	B (10^6 UFC g^{-1})	SEVRC(%)	SEVRR(%)	SEVRM(%)	REN($t\ ha^{-1}$)
EB vs RC	6.01 vs 7.48	42.23 vs 36.68**	69.43 vs 63.88**	63.36 vs 57.78*	13.62 vs 16.19
Q vs EB	4.01 vs 6.01	46.65 vs 42.23	58.33 vs 69.43**	63.35 vs 63.88	13.73 vs 13.62
Q vs RC	4.01 vs 7.48**	46.65 vs 36.68**	58.33 vs 63.88	63.35 vs 57.78	13.73 vs 16.19
Q vs SPT	4.01 vs 6.18	46.65 vs 38.34**	58.33 vs 63.32	63.35 vs 58.35	13.73 vs 16.8
Q vs SPN	4.01 vs 7.16**	46.65 vs 40.56*	58.33 vs 67.23**	63.35 vs 58.9	13.73 vs 14.94
Q vs Biol	4.01 vs 4.88	46.65 vs 44.17	58.33 vs 62.51	63.35 vs 64.18	13.73 vs 14.17
Biol vs RC	4.88 vs 7.48**	44.17 vs 36.68**	62.51 vs 63.88	64.18 vs 57.78*	14.17 vs 16.19
Biol vs SPT	4.88 vs 6.18	44.17 vs 38.34**	62.51 vs 63.32	64.18 vs 58.35	14.17 vs 16.8
Biol vs SPN	4.88 vs 7.16	44.17 vs 40.56	62.51 vs 67.23	64.18 vs 58.9	14.17 vs 14.94
SPT vs SPN	6.18 vs 7.16	38.34 vs 40.56	63.32 vs 67.23	58.35 vs 58.9	16.8 vs 14.94
Sol vs No sol	7.3 vs 4.21	39.45 vs 44.17**	62.28 vs 64.16	58.62 vs 61.95	15.38 vs 13.86

^a= contrastes ortogonales, análisis por SAS (2002-2003); B= unidades formadoras de bacterias no fluorescentes; SEVRC= severidad de raíces cafés; SEVRR= severidad de raíces rosadas; SEVRM= severidad de raíces muertas; Q= control químico; Biol= control biológico; EB= estiércol bovino; RC= residuos de cebolla; SPT= solarización con plástico transparente, SPN= solarización con plástico negro; Sol= solarizado; No Sol= sin solarizar. * = ($p \leq 0.05$), ** = ($p \leq 0.01$).

Incidencia y severidad. Todos los tratamientos evaluados en los experimentos I y II mostraron 100% de incidencia de la enfermedad al final del cultivo. En el experimento I, al momento de la cosecha no se observaron diferencias significativas en la SEVRC y SEVRR, sólo en los tratamientos con solarización se redujo significativamente ($p \leq 0.05$) la SEVRM de 71.3 a 63.7% en comparación con no solarizados (Cuadro 5).

En el experimento II, los tratamientos con menor SEVRC fueron RC y SPT, asimismo, los solarizados presentaron 4.72% menos que los no solarizados ($p \leq 0.01$). Los tratamientos Q y RC resultaron con menor SEVRR que EB y SPN ($p \leq 0.01$), mientras que los tratamientos SPT, Q y Biol no hubo diferencia significativa entre si. La SEVRM fue menor con 6.4% en el tratamiento RC con respecto a Biol ($p \leq 0.05$), mientras que los

was observed that the NICCR in the case of SBP was lower with values of 50%, 84% and 94% respectively, followed by Biol, Q and STP. The NICRR was lower with 31%, 85% and 97%, then SBP, Biol and Q. The treatment STP had the lowest NICRM with 0%, 64% and 100%, followed by the treatments Biol, SBP and Q. In terms of severity, the results showed that Biol. treatment had the lowest SEVCR with values of 13%, 36% and 36% respect to treatment Q, STP and SBP. The STP treatment had the lowest SEVRR and SEVMR during crop development with 14%, 33%, 61% and 0%, 26% and 69% respectively, followed by Q, SBP and Biol.

Onion yield and quality. The effect of solarization on the YI ($33.8\ t\ ha^{-1}$) and YIGMN ($19.8\ t\ ha^{-1}$) in experiment I, was 22.5 and 34.3% higher ($p \leq 0.01$) to non-solarized treatments, respectively. In the treatment STP the yield was $34.6\ t\ ha^{-1}$, 18.5% above the Q and 24.9% increase Biol

tratamientos solarizados presentaron 3.33% por debajo a los no solarizados, aunque estadísticamente no fueron significativos (Cuadro 4).

($p \leq 0.01$) in the YICR treatment was 32.2 t ha⁻¹, 19.3% more than Biol ($p \leq 0.01$), and YI in SBP was 33 t ha⁻¹, 21.2% more than Biol ($p \leq 0.01$) (Table 5).

Cuadro 5. Efecto de la solarización, materia orgánica, control químico y biológico sobre los nematodos de vida libre, severidad y rendimiento del experimento I (agosto de 2006 a julio de 2007) al momento de cosecha de la cebolla.
Table 5. Effect of solarization, organic matter, chemical and biological control of free-living nematodes, severity and yield of experiment I (August 2006 to July 2007) at onion harvest time.

Contrastes ^a	NVL (50 cm ³)	SEVRM (%)	REN (t ha ⁻¹)	RENMG (t ha ⁻¹)
EB vs RC	17.5 vs 32.7*	69.3 vs 66.2	31.1 vs 32.2	17.5 vs 19.5
Q vs EB	14.8 vs 17.5	61.3 vs 69.3	28.2 vs 31.1	15.5 vs 17.5
Q vs RC	14.8 vs 32.7*	61.3 vs 66.2	28.2 vs 32.2	15.5 vs 19.5
Q vs SPT	14.8 vs 20	61.3 vs 65.3	28.2 vs 34.6*	15.5 vs 21
Q vs SPN	14.8 vs 27.7	61.3 vs 62.6	28.2 vs 33	15.5 vs 18.4
Q vs Biol	14.8 vs 31.3*	61.3 vs 72.6	28.2 vs 26	15.5 vs 17.5
Biol vs RC	31.3 vs 32.7	72.6 vs 66.2	26 vs 32.2**	12.4 vs 19.5*
Biol vs SPT	31.3 vs 20*	72.6 vs 65.3	26 vs 34.6*	12.4 vs 21**
Biol vs SPN	31.3 vs 27.7	72.6 vs 62.6	26 vs 33**	12.4 vs 18.4*
SPT vs SPN	20 vs 27.7	61.3 vs 62.6	34.6 vs 33	21 vs 18.4
Sol vs No sol	23.8 vs 24.83	63.7 vs 71.3*	33.8 vs 26.2**	19.8 vs 13**

^a= contrastes ortogonales, análisis por SAS (2002-2003); NVL= nematodos de vida libre; SEVRM= severidad de raíces muertas; REN= rendimiento total; RENMG= rendimiento cebolla mediana grande; Q= control químico; Biol= control biológico; EB= estiércol bovino; RC= residuos de cebolla; SPT= solarización con plástico transparente; SPN= solarización con plástico negro, *=($p \leq 0.05$), **=($p \leq 0.01$).

En el experimento III, se observó la incidencia y severidad de la pudrición radical de la cebolla a 23, 45 y 90 días después del trasplante (DDT). Aunque no hubo diferencia estadística, numéricamente se observó que la INCRRC fue menor en SPN con valores de 50%, 84% y 94% respectivamente, seguido de Biol, Q y SPT. La INCRR fue menor en SPT con 31%, 85% y 97%; posteriormente SPN, Biol y Q. El tratamiento SPT presentó la menor INCRM con 0%, 64% y 100% seguido de los tratamientos Biol, SPN y Q. En cuanto a la severidad, los resultados mostraron que el tratamiento Biol presentó la menor SEVRC con valores de 13%, 36% y 36% con respecto a tratamiento Q, SPT y SPN. El tratamiento SPT presentó la menor SEVRR y SEVRM durante el desarrollo del cultivo con 14%, 33%, 61% y, 0%, 26% y 69% respectivamente; seguido del Q, SPN y Biol.

Rendimiento y calidad de la cebolla. El efecto de la solarización en el REN (33.8 t ha⁻¹) y RENMG (19.8 t ha⁻¹) en el experimento I, fue de 22.5 y 34.3% superior ($p \leq 0.01$) a los tratamientos no solarizados, respectivamente. En el tratamiento SPT el REN fue 34.6 t ha⁻¹, 18.5% por encima del Q y 24.9% más que Biol ($p \leq 0.01$); en el tratamiento RC el REN fue 32.2 t ha⁻¹, 19.3% más que Biol ($p \leq 0.01$), y el REN en SPN fue de 33 t ha⁻¹, 21.2% más que Biol ($p \leq 0.01$) (Cuadro 5).

In Experiment II, there was no significant difference in yield comparisons, but solarization and CR treatments were higher (between 32.2 and 34.6 t ha⁻¹) than Biol, Q and BE (26, 28 and 31 t ha⁻¹) (Table 5). In experiment III, the YI with the application of biological control (Biol) was 42.9 t ha⁻¹, with increases of 16.1 and 19.58% ($p \leq 0.05$) compared with treatments Q and SBP, respectively, the Q with 36.2 t ha⁻¹, 4.7% more than SBP ($p \leq 0.05$) and STP treatment did not show significant differences in relation with Biol and Q. With respect to YIGMN no significant differences were obtained, Biol was the treatment that obtained the YINMCH 40 t ha⁻¹ 29.6, 29.2 and 28.4% above Q, STP and SBP, respectively ($p \leq 0.05$) (Table 6).

Discussion

The period during which is evaluate the solarization is crucial to be used for purposes of control soil pathogens. According with several authors, the minimum duration must be four weeks during the months with higher ambient temperature, radiation and less cloudiness (Stapleton *et al.*, 1982, Elmore *et al.*, 1997).

En el Experimento II, no hubo diferencia significativa en las comparaciones con rendimiento; sin embargo, los tratamientos con solarización y RC fueron mayores (entre 32.2 y 34.6 t ha⁻¹) que Biol, Q y EB (26, 28 y 31 t ha⁻¹) (Cuadro 5). En el experimento III el REN con la aplicación de control biológico (Biol) fue de 42.9 t ha⁻¹, con incrementos de 16.1 y 19.58% ($p \leq 0.05$) en comparación con los tratamientos Q y SPN; respectivamente, el Q con 36.2 t ha⁻¹, 4.7% sobre SPN ($p \leq 0.05$) y el tratamiento SPT no presentó diferencias significativas con Biol y Q. Con respecto al RENMG no hubo diferencia significativa, Biol fue el que obtuvo el RENMCH de 40 t ha⁻¹ 29.6, 29.2 y 28.4% por arriba de Q, SPT y SPN, respectivamente ($p \leq 0.05$) (Cuadro 6).

Discusión

El periodo durante el cual se evalúa la solarización, es determinante para emplearse con fines de control de patógenos del suelo. El tiempo mínimo de duración de acuerdo con trabajos de diversos autores debe ser de cuatro semanas durante los meses con mayor temperatura ambiente, radiación y menor nubosidad (Stapleton *et al.*, 1982; Elmore *et al.*, 1997).

La mayor temperatura acumulada en el experimento I se debió a que se estableció a finales del verano (agosto de 2006 a julio de 2007) por un tiempo de 7 semanas y las condiciones ambientales como la temperatura fueron más elevadas y no hubo precipitación pluvial; en cambio en los experimentos II y III establecidos en primavera (abril a septiembre de 2009), hubo temperaturas y precipitación pluvial bajas.

Al comparar la temperatura promedio y máxima entre SPT y SPN, se observó que es mayor en SPT y la acumulación de horas térmicas fue 50% mayor en SPT que en SPN. Resultados similares reportan diversos investigadores al comparar plásticos de color negro y transparente (Chávez-Alfaro *et al.*, 1995; Chase *et al.*, 1997; Yáñez-Juárez *et al.*, 2001). Con respecto a la diferencia de temperaturas entre SPT y SPN se debe que los plásticos oscuros absorben las longitudes de onda del espectro visible (380-760 nm), por lo que es menor el calor que se trasmite de las radiaciones solares hacia el interior del suelo (Chan-Jung *et al.*, 2007).

La solarización es considerada como un tratamiento para el control de patógenos con origen en el suelo, inductor de cambios cualitativos y cuantitativos en los ecosistemas del suelo, especialmente en lo que respecta al incremento y disponibilidad de ciertos nutrientes.

Cuadro 6. Efecto de la solarización, materia orgánica y control químico y biológico en rendimiento del experimento III (abril a septiembre de 2009) al momento de cosecha de la cebolla.

Table 6. Effect of solarization, organic matter and chemical and biological control performance of the experiment III (April to September 2009) in onion harvest time.

Contrastes	REN (t ha ⁻¹)	RENMCH (t ha ⁻¹)	RENCH (t ha ⁻¹)
Q vs SPT	36.2 vs 37.4	29.6 vs 29.2	1.84 vs 6.28
Q vs SPN	36.2 vs 34.5*	29.6 vs 28.4	1.84 vs 6.56
Q vs Biol	36.2 vs 42.9*	29.6 vs 40*	1.84 vs 3.72
Biol vs SPT	42.9 vs 37.4	40 vs 29.2*	3.72 vs 6.28
Biol vs SPN	42.9 vs 34.5*	40 vs 28.4*	3.72 vs 6.56

*=contrastes ortogonales, análisis por SAS (2002-2003); REN=rendimiento total; RENMCH= rendimiento cebolla mediana chica; RENCH= rendimiento cebolla chica; Q=control químico; Biol=control biológico; SPT=solarización con plástico transparente; SPN= solarización con plástico negro, *=($p \leq 0.05$).

The highest accumulated temperature in the experiment I was due to its establishment in late summer (August 2006 to July 2007) for a period of seven weeks, and environmental conditions such as temperature were higher and there was no rainfall; in contrast in experiments II and III set out in spring (April to September 2009), temperatures and rainfall was low.

Comparing the average and maximum temperature between STP and SBP was observed to be higher in STP and the accumulation of thermal hours was 50% higher in STP than in SBP. Several researchers reported similar results when comparing different colored plastics, both transparent and black (Chavez-Alfaro *et al.*, 1995, Chase *et al.*, 1997, Yanez-Juárez *et al.*, 2001). With regard to the temperature difference between STP and SBP it is due to the black one absorbs wavelengths in the visible spectrum (380-760 nm), so that less heat is transmitted from solar radiation into the soil (Chan-Jung *et al.*, 2007).

Solarization is considered as a treatment for pathogen originated in soil, inducing qualitative and quantitative changes in soil ecosystems, especially in regard to increase and availability of certain nutrients.

The increase in NO₃ and PO₄ in experiments I and II, due to the effect of solarization, was 30 and 18.5% higher than the non-solarized treatments, these results are similar to those reported by Chen and Katan (1980); Kaewruang *et al.* (1989); Adetunji (1994).

El incremento de NO_3 y PO_4 en los experimentos I y II, por el efecto de la solarización, fue de 30 y 18.5% sobre los tratamientos no solarizados, estos resultados son similares a los reportados por Chen y Katan (1980); Kaewruang *et al.* (1989); Adetunji (1994).

En el experimento I y II los tratamientos con solarización no se detectaron efectos significativos, en las variables biológicas (excepto NVL) evaluadas con respecto a los tratamientos no solarizados. La densidad de hongos y bacterias fue de 17 y 9.5% por debajo de los no solarizados, en cambio las poblaciones de NVL se incrementaron significativamente (37%), ya que los NVL se alimentan de los hongos y bacterias del suelo (Arauz-Cavallini, 1998); por lo que podría ser un factor en el incremento de las poblaciones de nematodos no fitoparásitos, siendo un indicativo de la riqueza biológica.

En el experimento III, los tratamientos Q y Biol la INCRR, INCRM, SEVRR y SEVRM presentaron un comportamiento similar durante el desarrollo del cultivo, estos resultados se pueden atribuir a que *Trichoderma* spp y 2-(tiocianometiltio) benzotiazol 30% son más efectivos, cuando se aplican en sistema de riego por goteo, que cuando se realiza por aspersión, como sucedió en el experimento I y II; el tratamiento SPT, fue el que presentó menor incidencia, severidad en los primeros 45 DDT, periodo crítico en la cebolla para la formación de follaje, el cual está relacionado directamente con el rendimiento del cultivo (Valenzuela *et al.*, 1999). En estudios similares en campos sembrados con cebolla, la solarización redujo de 73 a 100% la incidencia y la severidad de *P. terrestris* (Katan *et al.*, 1980; Chang-Jung *et al.*, 2007); asimismo, el porcentaje de infección por *R. solani* y *Fusarium* spp., también fueron reducidas (Katan *et al.*, 1980). Por otro lado Chan-Jung *et al.* (2007), reportan severidades menores de 20% de pudrición rosada en el cultivos de cebolla establecidos en parcelas solarizadas por 40 días.

Con base en estos resultados, se puede inferir que el efecto de la solarización en el control de las enfermedades, está relacionado básicamente con el periodo de la solarización, temperaturas prevalecientes y calibre del plástico. El experimento I, mostró el efecto de la solarización en la fertilidad del suelo, mantenimiento de los microorganismos benéficos y el aumento del rendimiento (Gamliel *et al.*, 1989). La diferencia en los rendimientos en el experimento I con respecto al experimento II, probablemente se debió que la solarización en el primero se realizó en verano (temperatura promedio de 22 °C), favoreciendo la acumulación térmica y fertilidad del suelo, el segundo y el tercero en primavera

In experiment I and II solarization treatments were not detected significant effects on biological variables (except NLV) evaluated for non-solarized treatments. The density of fungi and bacteria was 17 and 9.5% below not-solarized, however NLV populations increased significantly (37%), due that the NLV feed of fungi and soil bacteria (Arauz-Cavallini, 1998) so it could be a factor in increasing the populations of plant non-fitoparasitic nematodes, being an indicative of the biological richness.

In experiment III, treatments Q and the INCRR Biol, INCRM, SEVRR and SEVRM, showed a similar pattern during the growing season of the crop, these results can be attributed to *Trichoderma* spp and 2-(thiocyanomethylthio) benzothiazole 30% are more effective when applied in drip irrigation system, which when performed by spraying, as in the experiment I and II, the STP treatment, was presented a lower incidence, severity in the first 45 DAT, critical period in the onion for the formation of foliage, which is directly related to crop yield (Valenzuela *et al.*, 1999), in similar studies in fields planted with onions, solarization reduced from 73 to 100% incidence and severity of *P. terrestris* (Katan *et al.*, 1980, Chang-Jung *et al.*, 2007), also the rate of infection by *R. solani* and *Fusarium* spp., were also reduced (Katan *et al.*, 1980). In other hand Chan-Jung *et al.* (2007), report lower severities of 20% pink rot in crops of onion solarized plots established for 40 days.

Based on these results, we can infer that the effect of solarization in controlling diseases is basically related to the solarization period, prevailing temperature and the kind of plastic cover. The experiment I showed the effect of solarization on soil fertility, maintaining those beneficial microorganisms and increasing yield (Gamliel *et al.*, 1989). The difference in yields in experiment I with respect to the experiment II, probably was due that solarization in the first was in summer (average temperature of 22 °C), favoring the heat storage and soil fertility, and the second and third was in spring (average temperature 15 °C) with the presence of rain during the solarization period and during the development of the crop damage by other pests (thrips and *A. porri*) and the establishment of the crop in summer, when conditions are optimal for development of the disease (Pulido-Herrera *et al.*, 2008).

In the present study in solarized treatments, YI and YIGM were 22.5 and 34.3%, respectively, similar to that found by other researchers who report increases from 17.5 to 34.8% due to solarization over a period of 6 weeks (Maudarbacus

(temperatura promedio de 15 °C) con presencia de lluvias durante el periodo de solarización y durante el desarrollo del cultivo, daño por otras plagas (trips y *A. porri*) y el establecimiento del cultivo en verano, cuando las condiciones son óptimas para el desarrollo de la enfermedad (Pulido-Herrera *et al.*, 2008).

En el presente estudio en los tratamientos solarizados, el incremento del REN y RENMG fue de 22.5 y 34.3%, respectivamente, similar al encontrado por otros investigadores quienes reportan incrementos de 17.5 a 34.8% por efecto de la solarización en un periodo de 6 semanas (Maudarbaccus y Benimadhu, 2003). Chan-Jung *et al.* (2007), reportan bulbos de cebolla, de 71.8 a 72.4 mm de diámetro y de 168 g a 172 g de peso en parcelas solarizadas y de 63.8 mm y 66.5 g en no solarizadas; sin embargo, en el presente estudio no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento al comparar SPT con Biol, y Q. El tratamiento SPN fue el que menor rendimiento y calidad obtuvo.

Conclusiones

En el contexto de sustentabilidad en la agricultura, de acuerdo con los resultados obtenidos en los tres experimentos, la solarización con plástico transparente y con respecto al experimento III, el control biológico, fueron los tratamientos que presentaron mejor respuesta en el control de la pudrición radical en cebolla y rendimiento, por lo que se sugiere sean considerados como alternativas para un control integrado de las enfermedades con origen en suelo en cultivos de cebolla en el valle de la Trinidad, B. C., México.

Con respecto a los indicadores de fertilidad del suelo, se encontró que los tratamientos solarizados el NO₃ y PO₄ incrementaron significativamente; asimismo se presentó un incremento en los nematodos de vida libre, a diferencia de los tratamientos no solarizados.

Agradecimientos

Al CONACYT por la beca proporcionada para los estudios doctorales del primer autor; a la Fundación Produce de Baja California, al programa de mejoramiento del profesorado (PROMEP, proyecto 9073); convocatoria interna UABC, 2011 (clave: 2214) y proyecto COLPOS-UABC (clave: 9547).

and Benimadhu, 2003). Chan-Jung *et al.* (2007), reported onion bulbs, from 71.8 to 72.4 mm in diameter and from 168 g to 172 g weight in solarized plots and 63.8 mm and 66.5 g in non-solarized, however, this study found no significant differences in yield by comparing PTS with Biol, and Q. The NPS was the treatment with the lowest yield and quality obtained.

Conclusions

In the context of sustainability in agriculture, according to the results obtained in the three experiments, solarization with clear plastic and the biological control were the treatments that had a better response in the control of root rot in onion and also in yield, suggesting to be considered as alternatives for integrated control of diseases originating from soil in onion crops in The Trinity valley, B.C, Mexico.

With respect to indicators of fertility, it was found that the treatments solarized, NO₃ and PO₄ significantly increased; also showed an increase in free-living nematodes, unlike the treatments non-solarized.

Acknowledgements

To CONACYT for the scholarship provided to the first author's doctoral studies, to Baja California Produce Foundation, the Faculty Improvement Programme (PROMEP, project 9073), Internal Call UABC, 2011 (password: 2214) and project-UABC COLPOS (Keywords: 9547).

End of the English version



Literatura citada

- Adetunji, I. A. 1994. Response of onion to soil solarization and organic mulching in semi-arid tropics *Sci. Hortic.* 60:161-166.
- Auger, J.; Arnault, I.; Diwo-Allain, S.; Rabvier, M.; Molia, F. and Pettiti, M. 2004. Insecticidal and fungicidal potential of *Allium* substances as biofumigants. *Agroindustria.* 3:5-8.

- Arauz-Cavallini, L. F. 1998. Fitopatología un enfoque agroecológico. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 137-138 p.
- Bello, A.; López-Pérez, A. J. y Díaz, V. 2002. Biofumigación y solarización como alternativas al bromuro de metilo. Dpto. Agroecología. Madrid, España. 50 p.
- Cervantes, D. L.; Moreno, C. J. V.; Pulido, H. A.; Ceceña, D. C.; González, M. D. y Grimaldo, J. O. 2009. Evaluación de cepas nativas de *Trichoderma* sp., para el biocontrol de la pudrición radical en cebolla (*Allium cepa* L.). X Simposium Internacional y V Congreso Nacional de Agricultura Sostenible. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
- Chang-Jung, L.; Jong-Tae, L.; Jin-Seong, M.; In-Joong, H.; Hee-Dae, K.; Woo-Il, K. and Mi-Geon, C. 2007. Effects of solar heating for control of pink root and other soil-borne diseases of onion. *Plant Pathol.* 23:295-299.
- Chase, C. A.; Sinclair, T. R.; Locascio, S. J.; Gilreath, J. P.; Jones, J. P. and Dickson, D. W. 1997. An evaluation of improved polyethylene films for cool-season soil solarization. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society.* 110:326-329.
- Chávez-Alfaro, J. J.; Zavaleta-Mejía, E. y Téliz-Ortiz, D. 1995. Control integrado de la marchitez del chile (*Capsicum annuum*) ocasionada por el hongo *Phytophthora capsici* Leo., en la región de Valsequillo, Puebla. *Rev. Méx. Fitopatol.* 30:47-50.
- Chen, Y. and Katan, J. 1980. Effect of solar heating of soils by transparent polyethylene mulching on their chemical properties. *Soil Sci.* 130:271-277.
- Crowe, F. 1996. White rot. *In:* Schwrtz, H. F. y Mohan, S. K. (eds.) *Compendium of onion and garlic diseases.* APS PRESS. Minnesota, USA. 14-16 pp.
- Elmore, C. L.; Stapleton, J. J.; Bell, C. E. and DeVay, J. E. 1997. Sol solarization: a nopesticidal method for controlling diseases, nematodes, and weeds. University of California. Division of agriculture and natural resources. Publication. Núm. 21377.
- Gamliel, A.; Hadar, E. and Katan, J. 1989. Soil solarization to improve yield on gypsophila in monoculture systems. *Acta Hortic.* 255:119-121.
- Harman, G. E. 2006. Overview of mechanism and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology.* 96:190-194.
- Havey, M. J. 1996. Fusarium basal plate rots. *In:* Schwrtz, H. F. and Mohan, S. K. (eds.) *Compendium of onion and garlic diseases.* APS PRESS. Minnesota, USA. 10-11 pp.
- Jenkins, W. R. 1964. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant. Dis. Report.* 48:692.
- Kaewruang, W.; Sivasithamparam, K. and Hardy, G. E. 1989. Effect of solarization of soil within plastic bags on root rot of gerbera (*Gerbera jamesonii* L.). *Plant Soil.* 120:303-306.
- Katan, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: status and prospects. *Plant Dis.* 64:450-454.
- Katan, J. 1981. Solar heating (solarization) of soil for control of soil borne pests. *Annual Review Phytopathology.* 19:211-236.
- Katan, J.; Rotem, I.; Finkel, Y. and Danie, L. J. 1980. Solar heating of the soil for the control of pink root and other soil borne diseases in onion. *Phytoparasitica.* 8:39-50.
- King, E. O.; Ward, M. K. and Raney, D. E. 1954. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein. *Journal Laboratory Clinic Medicine.* 44:301-307.
- Maudarbaccus, F. and Benimadhu, S. P. 2003. Pink root disease in onion and its management in Mauritius. Food and Agricultural Research Council, Reduit Mauritius. 10 p.
- Martin, J. P. 1950. Use of acid, rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. *Soil Science.* 69:215-232.
- Mercado Común del Sur (Mercosur). 2004. Calidad de cebolla. URL: <http://www.mgap.gub.uy/direcciondelagrancia/ComercioExterior/ReglamentoMERCOSUR.htm>.
- Montes-Belmont, R.; Nava-Juárez, R.; Flores-Moctezuma, H. E. y Mundo-Ocampo, M. 2003. Hongos y nematodos en raíces y bulbos de cebolla (*Allium cepa* L.) en el Estado de Morelos, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 21:300-304.
- Oezer, N. and Oemeroglu, M. 1995. Chemical control and determination of fungal causal agents of wilt disease of onion in Tekirdag Province. *Turkish Phytopathology.* 24:47-55.
- Pulido-Herrera, A.; Zavaleta-Mejía, E.; Cervantes-Díaz, L.; Grimaldo-Juárez, O. y Avilés-Marín, S. M. 2008. Incidencia, severidad e identificación del agente causal de la pudrición radical de la cebolla (*Allium cepa* L.) en el Valle de la Trinidad, Baja California, México. XI Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas, Baja California. 201-205 p.
- Statistical Analysis System (SAS Institute Inc.). 2002-2003. SAS/STAT guía del usuario, versión 9.1.3. Cary, NC, USA.

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2009. Serie histórica de producción de cebolla en el estado de Baja California. Delegación Baja California. Mexicali, Baja California, México. 10 p.
- Sumners, D. R. 1996. Pinkroot. *In*: Schwrtz, H. F. y Mohan, S. K. (eds.). Compendium of onion and garlic diseases. APS PRESS. Minnesota, USA. 12-13 pp.
- Stapleton, J. J.; Quick, J. and De Vay, J. E. 1982. Effect of soil solarization on populations of selected soil borne microorganisms and growth of deciduous fruit tree seedlings. *Phytopathology*. 72:323-326.
- Ulacio-Osorio, D.; Zavaleta-Mejía, E.; Martínez-Garza, A. y Pedroza-Sandoval, A. 2006. Strategies for management of *Sclerotium cepivorum* Berk. in garlic. *J. Plant Pathol.* 88:253-261.
- Valenzuela, H.; Shimabuku, R. and Hamasaki, R. 1999. Bulb onion production in Hawaii. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa. Hawaii, USA. 50 p.
- Vincelli, P. C. and Lorbeer, J. W. 1990. Root rot of onion caused by *Pythium irregulare* and *Pythium coloratum*. *Mycopathologia*. 111:67-72.
- Yáñez-Juárez, G. M.; Zavaleta-Mejía, E.; Flores-Revilla, C.; Chávez-Alfaro, J. J. y Valdivia-Alcalá, R. 2001. Managment of wilting (*Phytophthora capsici* Leo.), root galling (*Nacobbus aberrans* Thorne and Allen), and viruses in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Rev. Mex. Fitopatol.* 19:40-48.
- Zavaleta-Mejía, E.; Villar, A. C.; Reyna, R. M. I. y García, E. R. 1992. Efecto de la incorporación de col y brócoli en la pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum* Berk.) de la cebolla. *Rev. Mex. Fitopatol.* 10:179-185.
- Zavaleta-Mejía, E. 1999. Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. *Terra*. 17:201-207.
- Zavaleta-Mejía, E. y Gómez, R. O. 2003. Plantas antagonistas. *In*: Zavaleta-Mejía, E.; Rojas-Martínez, R. I y Ochoa-Martínez D. L. (eds.). Manejo ecológico de enfermedades. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 14-22 pp.