

## Eficiencia de diferentes fungicidas en el control de la pudrición rosada en cebolla\*

### Efficiency of different fungicides to control pink root rot in onions

Rubén Macías Duarte<sup>1</sup>, Raúl Leonel Grijalva Contreras<sup>1§</sup>, Fidel Núñez Ramírez<sup>2</sup>, Fabián Robles Contreras<sup>1</sup> y Arturo López Carvajal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Costa de Hermosillo, Sitio Experimental Caborca-INIFAP. Avenida S, No. 8 Norte. CP. 83600. Tel: 01 55 38 71 87 00 Ext. 81105. H. Caborca, Sonora, México. (macias.ruben@inifap.gob.mx; robles.fabian@inifap.gob.mx; lopez.arturo@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Baja California-Instituto de Ciencias Agrícolas. Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California. (fidel.nunez@uabc.edu.mx.). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: grijalva.raul@inifap.gob.mx.

#### Resumen

El cultivo de la cebolla en México representa gran importancia económica y para el año 2014 se establecieron 48 170 ha, uno de los principales problemas para su producción es la presencia de enfermedades en el suelo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes fungicidas químicos y biológicos para el control de la pudrición rosada y su efecto sobre el rendimiento. La investigación se realizó en el INIFAP en el Campo Experimental Costa de Hermosillo, Sonora, México, durante los años 2010 y 2011. El diseño utilizado fue bloques al azar con tres repeticiones. Los tratamientos aplicados no afectaron estadísticamente el porcentaje de incidencia de pudrición rosada ni la altura de planta; en cambio, tuvieron efecto en la severidad de la enfermedad, peso de bulbo y rendimiento. En 2010 la incidencia varió de 39 a 73% y la severidad del daño entre 10 a 34% y los fungicidas con mayor control fueron metil tiofanato (MT), tiocianometitio benzotiazol (TB) y la combinación de TB + *Trichoderma harzianum* aunque sin mejorar el rendimiento. En 2011 la incidencia de la enfermedad varió de 22 a 30% y la severidad del daño de 14 a 30%. La aplicación de *Trichoderma harzianum* solo o en combinación con TB fueron los que alcanzaron mayor peso de bulbo y promovieron un incremento en el rendimiento

#### Abstract

Onion cultivation in Mexico is of great economic importance and during 2014, 48170 ha were established, one of the main problems for its production is the presence of diseases in the soil. The aim of this study was to evaluate different chemicals and biological fungicides to control pink root rot and its effect on yield. The research was conducted at INIFAP in the Experimental field Coast Hermosillo, Sonora, Mexico, during the years 2010 and 2011. The design was randomized blocks with three replications. Treatments applied did not affect statically the incidence percentage of pink root rot nor plant height; however, it had effect on the severity of the disease, bulb weight and yield. In 2010 the incidence ranged from 39 to 73% and severity of damage between 10-34% and fungicides with greater control were methyl thiophanate (MT), benzothiazole tiocianometitio (TB) and the combination of TB + *Trichoderma harzianum* although without improving yield. In 2011 the incidence of the disease ranged from 22-30% and the severity of damage of 14-30%. The applications of *Trichoderma harzianum* alone or in combination with TB were those that achieved greater weight bulb and promoted an increase in yield of 16% compared to control. The application of chemical and biological fungicides is a short-term alternative to reduce pink root rot in onions.

\* Recibido: septiembre de 2016  
Aceptado: noviembre de 2016

16% con respecto al testigo. La aplicación de fungicidas químicos y biológicos es una alternativa a corto plazo para reducir la pudrición rosada en cebolla.

**Palabras claves:** *Allium cepa* L., calidad, enfermedades, rendimiento.

## Introducción

La superficie sembrada de cebolla (*Allium cepa* L.) en México durante 2014 fue de 48 170 ha con una producción de 1 368 183 t, con una media de rendimiento de 28.9 t ha<sup>-1</sup> y un valor en la producción de 5 665 millones de pesos. Los principales estados productores son Baja California, Guanajuato, Tamaulipas, Chihuahua y Puebla (SIAP, 2014).

Uno de los problemas que afecta la producción de cebolla en México, es la presencia de la enfermedad denominada 'pudrición rosada' que es causada por el hongo del suelo *Pyrenochaeta terrestris* (Hansen) Gorenz, Walker and Larson. El hongo se encuentra presente en la mayoría de los suelos en los que se cultiva cebolla, siendo una de las pocas enfermedades fungosas que solo infecta la raíz sin ocasionar daño al bulbo. Los síntomas incluyen pudrición de raíces acompañada de una coloración rosa, la planta muestra síntomas de déficit de humedad así como un aspecto de quemaduras en las puntas de las hojas, además de un lento crecimiento de bulbos y en consecuencia pérdidas en el rendimiento y calidad de bulbo. El hongo permanece latente sin ocasionar infecciones durante los meses de baja temperatura como diciembre y enero, pero a medida que se incrementa la temperatura se empieza a hacer evidente la infestación de las raíces de los cultivos susceptibles a causa de este patógeno (Netzer *et al.*, 1985; Aragones, 1988).

La temperatura óptima del suelo para que se presente el ataque de este patógeno es de 28 °C, situación que coincide con la etapa del crecimiento del bulbo en la cebolla; a medida que se incrementa la temperatura del suelo, se incrementa el grado de infección. El ataque del hongo se presenta más severo en cebollas de color blanco. Las variedades de fotoperíodo corto maduran más temprano y son menos afectadas por este hongo en comparación con las variedades de fotoperíodo intermedio o largo (Wall y Corgan, 1993).

Entre las principales medidas de control para reducir el problema de pudrición rosada se encuentran el uso de variedades resistentes (Lacy y Roberts, 1982; González *et al.*

**Keywords:** *Allium cepa* L., disease, quality, yield.

## Introduction

The area planted with onion (*Allium cepa* L.) in Mexico during 2014 was 48 170 ha with a production of 1 368 183 t, with an average yield of 28.9 t ha<sup>-1</sup> and production value of 5 665 million pesos. The main producing states are Baja California, Guanajuato, Tamaulipas, Chihuahua and Puebla (SIAP, 2014).

One of the problems affecting onion production in Mexico is the presence of the disease called 'pink root rot' which is caused by a fungus from the soil *Pyrenochaeta terrestris* (Hansen) Gorenz, Walker and Larson. The fungus is present in most soils where onions are grown, being one of the few fungal diseases that infects only the root without causing damage to the bulb. Symptoms include root rot accompanied of a pink color; the plant shows signs of moisture deficit, as well as an aspect of burns on the tips of the leaves, slow growth of bulbs, consequently yield loss and quality bulb. The fungus remains dormant without causing infections during the months of low temperature like December and January, but as the temperature increases, root infestation becomes evident in the roots of susceptible crops because of this pathogen (Netzer *et al.*, 1985; Aragones, 1988).

The optimum soil temperature for this pathogen to attack is 28 °C, situation that coincides with the growth stage of the onion bulb; as soil temperature increases, the degree of infection increases. The attack of the fungus is more severe in white onions. Short photoperiod varieties mature earlier and are less affected by this fungus compared to varieties with intermediate or long photoperiod (Wall and Corgan, 1993).

Among the main control measures to reduce the problem of pink root rot include the use of resistant varieties (Lacy and Roberts, 1982; González *et al.*, 1985; Thornton and Mohan, 1996), crop rotation (Davis and Aegerter, 2008; Nishwitz and Dhiman, 2012), soil solarization (Katan, 1980; Pulido-Herrera *et al.*, 2012), to maintain vigorous plants with different management practices (Thornton and Mohan 1996; Nishwitz and Dhiman, 2012) fungicides (Porter *et al.*, 1989; Pages and Nottegehem, 1996; Biesiada *et al.*, 2004).

Disease management that originates in the soil is commonly done with chemicals (Oezer and Oemeroglu, 1995; Zavaleta- Mejía, 1999). The main chemical fungicides

*al.*, 1985; Thornton y Mohan, 1996), la rotación de cultivos (Davis y Aegerter, 2008; Nishwitz y Dhiman, 2012), la solarización del suelo (Katan, 1980; Pulido-Herrera *et al.*, 2012), mantener las plantas vigorosas mediante diferentes prácticas de manejo (Thornton y Mohan 1996; Nishwitz y Dhiman, 2012) y aplicación de fungicidas (Porter *et al.*, 1989; Pages y Nottegehem, 1996; Biesiada *et al.*, 2004).

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). Los principales fungicidas químicos que han mostrado reducir la incidencia y severidad de la pudrición rosada en cebolla son el Dazomet y el Tiofanato de Metilo provocando un incremento en el rendimiento, calidad y vida poscosecha (Porter *et al.*, 1989; Pages y Nottegehem, 1996; Biesiada *et al.*, 2004; Sander *et al.*, 2006; Pulido-Herrera *et al.*, 2012). Otros productos que han mostrado control de la enfermedad son Benomilo, Thiram, Zineb, Captan, Cyprodinil e Iprodione, entre otros (Adams, 2003; Biesiada *et al.*, 2004; Sander *et al.*, 2006).

Otras alternativas de control de la enfermedad con menor impacto en el ambiente es la biofumigación, 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). La implementación de prácticas ecológicas como la solarización, es otra alternativa de control de enfermedades del suelo con reducidos efectos al ambiente (Katan, 1980).

Los microorganismos antagonistas también son utilizados como agentes de control biológicos, 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). La aplicación de *Trichoderma harzianum* Cepa A (Macías-Duarte *et al.*, 2004; Pulido-Herrera *et al.*, 2012) y *Trichoderma viride* (Biesiada *et al.*, 2004) han mostrado una reducción entre 10 y 13% de incidencia del hongo en comparación a los tratamientos no aplicados. La solarización con plástico transparente y el control biológico, son alternativas viables para el control de la pudrición rosada en el cultivo de la cebolla, ya que incrementa el rendimiento de 24 a 34% y reducen la incidencia y severidad de la enfermedad (Pulido-Herrera *et al.*, 2012).

Por otro lado, las asociaciones con micorrizas han demostrado reducir el daño por patógenos del suelo (hongos, bacterias y nemátodos) y la respuesta varía al tipo de patógeno y a las condiciones ambientales (Azcón-Aguilar y Barea, 1997).

that have shown to reduce the incidence and severity of pink root rot in onions are Dazomet and Thiophanate methyl causing an increase in yield, quality and shelf life (Porter *et al.*, 1989; Pages and Nottegehem, 1996; Biesiada *et al.*, 2004; Sander *et al.*, 2006; Pulido-Herrera *et al.*, 2012). Other products that have shown disease control are Benomyl, Thiram, Zineb, Captan, Cyprodinil and Iprodione, among others (Adams, 2003; Biesiada *et al.*, 2004; Sander *et al.*, 2006).

Other alternatives to disease control with less impact on the environment is bio-fumigation through the toxic effect of gases released during the decomposition process of organic matter incorporated into the soil (Bello *et al.*, 2002). The implementation of ecological practices like solarization is another alternative to control soil diseases with reduced effects on the environment (Katan, 1980).

The 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 phyto-pathogenic soil fungi (Harman, 2006). The applications of *Trichoderma harzianum* strain A (Macías-Duarte *et al.*, 2004; Pulido-Herrera *et al.*, 2012) and *Trichoderma viride* (Biesiada *et al.*, 2004) have shown a reduction between 10 and 13% the incidence of the fungus compared to treatments not applied. Solarization with clear plastic and biological control, are viable alternatives to control pink root rot in onion, as it increases yield from 24 to 34% and reduces the incidence and severity of the disease (Pulido-Herrera *et al.*, 2012).

On the other hand, mycorrhizal associations have shown to reduce damage by soil pathogens (fungi, bacteria and nematodes) and the response varies from the type of pathogen and environmental conditions (Azcón-Aguilar and Barea, 1997). Similarly, to submerge the roots before transplanting in garlic extract 2% provides significant control of the fungus (Biesiada *et al.*, 2004) as well as application to the foliage of Neem extracts (Pulido-Herrera *et al.*, 2012).

Although onion breeding programs aim to increase resistance to this disease, in recent years the problem has been accentuated in the producing regions causing yield losses and to leave this crop. For this reason, the alternative to control through fungicides is still viable. The aim of this study was to evaluate different chemical and biological fungicides to control pink root rot and its effect on yield and bulb quality in onion variety 'Morada Regional'.

De igual manera, sumergir las raíces antes del trasplante en extracto de ajo 2% proporciona un control significativo del hongo (Biesiada *et al.*, 2004), así como la aplicación al follaje de extractos vegetales de Neem (Pulido-Herrera *et al.*, 2012).

A pesar de que los programas de mejoramiento en cebolla tienen como objetivo incrementar la resistencia a esta enfermedad, en los últimos años el problema se ha acentuado en las regiones productoras provocando pérdidas en el rendimiento y que se abandone la siembra de este cultivo. Por tal motivo, la alternativa del control por medio de fungicidas sigue siendo viable. El objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes fungicidas químicos y biológicos para el control de la pudrición rosada y su efecto sobre el rendimiento y calidad del bulbo en la variedad de cebolla 'Morada Regional'.

## Materiales y métodos

### Descripción del área de estudio

La investigación se realizó durante los años 2010 y 2011 en la región de Magdalena de Kino, Sonora en el Campo Experimental Costa de Hermosillo, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, cuyas coordenadas son: 110° 55' 42" longitud oeste y 30° 39' 41" latitud norte y una altitud de 780 m sobre el nivel del mar. La evaporación promedio anual de 1 493 mm. Temperatura media anual de 19.4 °C, el mes más frío es enero con media mensual de 1.8 °C y el mes más caliente es junio con 37.8 °C (INIFAP, 1985; Ruiz *et al.*, 2005).

### Características del suelo

El experimento se realizó en un lote de campo cuyo cultivo anterior fue cebolla y con antecedente de la presencia en el suelo del hongo *Pyrenochaeta terrestris*. Las principales características del suelo son: textura franco arenoso con una conductividad eléctrica de 1.2 dS m<sup>-1</sup>, pH de 7.8 y contenido de materia orgánica de 0.70%. En fertilidad, el suelo presentó 58 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno, 43 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo y 170 kg ha<sup>-1</sup> de potasio, lo que indica que éste suelo es apropiado para la producción de cebolla (Castellanos *et al.*, 2000).

## Materials and methods

### Description of the study area

The research was conducted during 2010 and 2011 in the region from Magdalena de Kino, Sonora at the Experimental field Coast of Hermosillo, belonging to the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), whose coordinates are: 110° 55' 42" west longitude and 30° 39' 41" north latitude and an altitude of 780 masl. Annual average evaporation of 1 493 mm. Annual average temperatures of 19.4 °C, the coldest month is January with monthly average of 1.8 °C and the hottest month is June with 37.8 °C (INIFAP, 1985; Ruiz *et al.*, 2005).

### Soil characteristics

The experiment was conducted in a field whose previous crop was onion and with history of presence of the fungus in the soil *Pyrenochaeta terrestris*. The main soil characteristics are: sandy loam with an electrical conductivity of 1.2 dS m<sup>-1</sup>, pH 7.8 and organic matter content of 0.70%. Fertility, soil had 58 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen, 43 kg ha<sup>-1</sup> phosphorus and 170 kg ha<sup>-1</sup> of potassium, which indicates that the soil is suitable for onion production (Castellanos *et al.*, 2000).

### Agronomic management

In 2010, seedbed planting took place on October 25<sup>th</sup> and transplanted on January 21<sup>st</sup> of the following year. In 2011, planting was performed October 19<sup>th</sup> and transplantation on January 11<sup>th</sup> of the following year. In both years, the onion variety was 'Morada Regional' which is considered susceptible to pink root rot (Macías and Grijalva, 2005). The traditional irrigation system (flooding) with row spacing at 0.8 m and two planting rows was used in the first year (230 000 plants ha<sup>-1</sup>). The fertilization formula applied was 180N-80P-00K. In the second year drip irrigation system with 1m beds and four planting rows were used (350 000 plants ha<sup>-1</sup>). Fertilization was done through irrigation with the formula 250N-150P-100K. For weed control in both years applied Trifluralin (1 kg ha<sup>-1</sup>) before sowing and two applications oxyfluorfen, the first during transplant at dose of (250 g ha<sup>-1</sup>) and the second at 40 days using (150 g ha<sup>-1</sup>). The main pest was thrip (*Thrips tabaci*) and to

## Manejo agronómico

En el año 2010, la siembra del almácigo se realizó el 25 de octubre y se trasplantó el 21 de enero del siguiente año. En el año 2011, la siembra fue el 19 de octubre y el trasplante el 11 de enero del siguiente año. En ambos años, la variedad de cebolla utilizada fue 'Morada Regional' la cual es considerada como susceptible a la enfermedad pudrición rosada (Macías y Grijalva, 2005). En el primer año, se utilizó el sistema de riego tradicional (rodado) con surcos a 0.80 m de separación y dos hileras de plantación (230 000 plantas ha<sup>-1</sup>). La fórmula de fertilización aplicada fue 180N-80P-00K. En el segundo año, se utilizó sistema de riego por goteo con camas de 1 m de ancho y cuatro hileras de plantación (350 000 plantas ha<sup>-1</sup>). La fertilización se realizó a través del riego con la fórmula 250N-150P-100K. Para el control de malezas, en ambos años se realizó una aplicación de Trifluralina (1 kg ha<sup>-1</sup>) en presiembrado y dos aplicaciones de oxifluorfen, la primera en el momento del trasplante en dosis de (250 g ha<sup>-1</sup>) y la segunda a los 40 días usando (150 g ha<sup>-1</sup>). La principal plaga que se presentó fue thrips (*Thrips tabaci*) y para su control se aplicó Lambda-cyhalotrina (42 g ha<sup>-1</sup>). El resto de las prácticas culturales se realizaron de acuerdo a lo recomendado por Macías y Grijalva (2005).

## Tratamientos evaluados

En ambos años se evaluaron 6 tratamientos, tres biológicos, dos químicos y una combinación de biológico y químico y fueron: 1) *Trichoderma harzianum* cepa A, proveniente de la zona de estudio 1.4 x 10<sup>7</sup> g<sup>-1</sup> unidades formadoras de colonias (UFC); 2) ceres<sup>®</sup> (inoculante líquido con microorganismos benéficos y ácidos húmicos y fúlvicos) + liquicomp<sup>®</sup> (composta líquida con microorganismos benéficos) ambos elaborados por Bio<sup>®</sup>; 3) micorrizas (PHC Horti Plus<sup>®</sup> inoculante de hongos endomicorrizicos) a la siembra en la semilla (S) y al trasplante en la raíz (R); 4) metil tiofanato (MT); 5) tiocianometitio benzotiazol (TB); 6) TB + *Trichoderma harzianum*; y 7) el testigo sin aplicación. El número de aplicaciones y la dosis por cada producto son descritas en el Cuadro 1. Los productos fueron aplicados al suelo e incorporados mediante el riego. En los tratamientos combinados, los fungicidas químicos fueron aplicados al momento del trasplante y los biológicos 30 días después.

## Características evaluadas y análisis estadístico

Las variables evaluadas para determinar la eficiencia de los tratamientos sobre el control del hongo fueron: el porcentaje de incidencia y severidad de la enfermedad,

control it Lambda-cyhalothrin (42 g ha<sup>-1</sup>) was applied. The other cultural practices were performed as recommended by Macías and Grijalva (2005).

## Treatments evaluated

In both years 6 treatments of which three biological, two chemicals and a combination of biological and chemical were evaluated and were as follows: 1) *Trichoderma harzianum* strain A, from the study area 1.4 x 10<sup>7</sup> g<sup>-1</sup> colony forming units (CFU); 2) ceres<sup>®</sup> (liquid inoculant with beneficial microorganisms and humic and fulvic acids) + liquicomp<sup>®</sup> (liquid compost with beneficial microorganisms) both produced by BIO<sup>®</sup>; 3) mycorrhizal (PHC Horti Plus<sup>®</sup> endomycorrhizal inoculant) at sowing the seed (S) and transplantation in the root (R); 4) methyl thiophanate (MT); 5) benzothiazole tiocianometitio (TB); 6) TB + *Trichoderma harzianum*; and 7) the control without application. The number of applications and the dose for each product are described in Table 1. The products were applied to the soil and incorporated through irrigation. In the combined treatment, chemical fungicides were applied at the time of transplantation and biological 30 days later.

## Characteristics evaluated and statistical analysis

Variables evaluated to determine treatments efficiency to control the fungus were the incidence rate and severity of the disease, which were determined only at harvest time for which a random sample of 75 bulbs was taken. The incidence rate was calculated with the following formula: Incidence (%) = number of diseased plants \* 100 / total plants observed. Disease severity was assessed visually using an arbitrary scale where: 1 = 1-15% root damage; 2 = 16-40%; 3 = 41-65; and 4 = 66-100%. To calculate the percentage of severity the townsend and Heuberger formula (1943) was used:  $p = [\sum (n*v) / CM*N] * 100$ .

Where: P = weighted average of severity; n = number of plants per each level of the scale; v = numerical value of each class; CM = higher category and N = total number of plants assessed. The remaining variables were vegetative growth based on plant height (cm), yield (t ha<sup>-1</sup>), bulb weight (g). The experimental design was a randomized block with three replications. The size of the experimental plot in 2010 was 16 m<sup>2</sup> and useful plot 6.4 m<sup>2</sup>. In 2011 the experimental plot was 20 m<sup>2</sup> and useful plot 8 m<sup>2</sup>. For mean separation Tukey test at 0.05 was used. The analysis of variance and means tests were performed with the FAUNAL (Olivares, 1994) statistical package.

las cuales fueron determinadas solamente al momento de la cosecha para lo cual se tomó una muestra aleatoria de 75 bulbos. El porcentaje de incidencia se calculó con la fórmula siguiente: incidencia (%) = número de plantas enfermas \* 100 / total de plantas observadas. La severidad de la enfermedad se evaluó de manera visual mediante una escala arbitraria, donde: 1 = 1-15% de daño de raíces; 2 = 16-40%; 3 = 41-65; y 4 = 66-100%. Para calcular el porcentaje de severidad se utilizó la fórmula de Townsend y Heuberger, (1943):  $p = [\Sigma(n*v)/CM*N]*100$ .

Donde: P = media ponderada de la severidad; n = número de plantas por cada clase de la escala; v = valor numérico de cada clase; CM = categoría mayor y N = número total de plantas evaluadas. El resto de las variables fueron crecimiento vegetativo en base a la altura de planta (cm), rendimiento (t ha<sup>-1</sup>), peso del bulbo (g). El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con tres repeticiones. El tamaño de la parcela experimental en 2010 fue de 16 m<sup>2</sup> y la parcela útil de 6.4 m<sup>2</sup>. En el año 2011 la parcela experimental fue de 20 m<sup>2</sup> y la útil de 8 m<sup>2</sup>. Para la separación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad. Los análisis de varianza y las pruebas de medias se realizaron con el paquete estadístico FAUANL (Olivares, 1994).

## Results and discussion

### Incidence and severity of the fungus

There were no statistical differences in the incidence of pink root rot between treatments in any of the two years evaluated. In 2010, the highest incidence of the disease was observed, with an average of 51.6%. Values between treatments ranged between 45 and 73%, whereas in 2011 the average was 25% with values of 13 to 30% incidence (Table 2). The incidence rate of pink root rot and efficiency of fungicides in 2010 are similar to those previously reported (Adams, 2003; Duarte *et al.*, Macías-2004; Sander *et al.*, 2006). While other studies report up to 100% disease incidence at the end of the crop (Pulido-Herrera *et al.*, 2012). The difference in disease incidence between years can be explained by two factors, first to temperature difference between years. In 2011, the maximum monthly temperature in March and April (period where growth bulb is present and the first symptoms of the disease are detected) were lower (Figure 1) which favor a decrease in soil temperature, since the presence of the disease decreases as soil temperature is lower (Wall and Corgan, 1993). The second factor is that in 2011 water

**Cuadro 1. Tratamientos, número de aplicaciones y dosis aplicada para el control del hongo *Pyrenochaeta terrestris* en cebolla.**  
**Table 1. Treatments, number of applications and doses applied to control the fungus *Pyrenochaeta terrestris* in onion.**

Número	Tratamientos	Aplicaciones	Dosis total
1	<i>Trichoderma harzianum</i>	4	0.8 kg ha <sup>-1</sup>
2	Micorrizas	2	60 g kg <sup>-1</sup> (S) y 30 g L <sup>-1</sup> (R)
3	Ceres + liquicomp	3 + 3	12 L ha <sup>-1</sup> + 12 L ha <sup>-1</sup>
4	Metil tiofanato (MT)	2	1.5 kg ha <sup>-1</sup>
5	Tiocianometitio benzotiazol (TB)	2	6 L ha <sup>-1</sup>
6	TB + <i>Trichoderma harzianum</i>	1 + 4	6 L ha <sup>-1</sup> + 0.8 kg ha <sup>-1</sup>
7	Testigo		

## Resultados y discusión

### Incidencia y severidad del hongo

No hubo diferencias estadísticas en la incidencia de la pudrición rosada entre los tratamientos en ninguno de los dos años evaluados. En 2010, se observó mayor incidencia de la enfermedad con una media de 51.6%. Los valores entre tratamientos variaron entre 45 y 73%, en cambio,

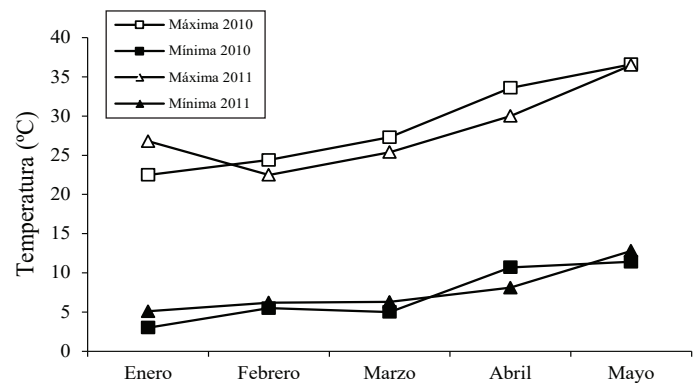
management was through drip irrigation which favors lower soil temperature, better drainage and root development of the onion and thereby able to reduce the problem of pink root rot (Alvarado, 1983; Luong *et al.*, 2008).

The severity of damage in onion roots by pink root rot, showed statistically significant differences in both years ( $p \leq 0.01$ ). In 2010 plants treated with Tiocianometitio benzothiazole (TB) + *Trichoderma harzianum*, benzothiazole tiocianometitio and methyl

en 2011 la media fue 25% con valores de 13 a 30% de incidencia (Cuadro 2). El porcentaje de incidencia de la pudrición rosada y la eficiencia de los fungicidas en 2010 son similares a los reportados previamente (Adams, 2003; Macías-Duarte *et al.*, 2004; Sander *et al.*, 2006). En tanto que otros estudios reportan hasta 100% de incidencia de la enfermedad al final del cultivo (Pulido-Herrera *et al.*, 2012). La diferencia de incidencia de la enfermedad entre años puede explicarse a dos factores, el primero a la diferencia de temperaturas entre años. En 2011, la temperatura máxima mensual de marzo y abril (periodo donde se presenta el crecimiento del bulbo y se detectan los primeros síntomas de la enfermedad) fueron más bajas (Figura 1) lo que incide a reducir la temperatura del suelo ya que la presencia de la enfermedad disminuye conforme la temperatura del suelo sea menor (Wall y Corgan, 1993). El segundo factor, es que en 2011 el manejo del agua fue a través del sistema de riego por goteo lo que propicia además de menor temperatura del suelo, mejor drenaje y desarrollo radicular de la cebolla y con ello se logra reducir el problema de pudrición rosada (Alvarado, 1983; Luong *et al.*, 2008).

La severidad del daño en las raíces de la cebolla por la pudrición rosada, presentó diferencias estadísticas significativas en ambos años ( $p \leq 0.01$ ). En 2010 las plantas tratadas con Tiocianometitio benzotiazol (TB) + *Trichoderma harzianum*, tiocianometitio benzotiazol y metil tiofanato (MT) fueron los que presentaron menor grado de severidad de la enfermedad con 10, 12 y 15%, respectivamente, siendo estadísticamente diferente al resto de los tratamientos, cuyos valores oscilaron entre 33 a 41%. En 2011, las plantas testigo y donde se aplicó Ceres + Liquicomp fueron las de mayor severidad de daño con 30 y 27%, en el resto de los tratamientos, el porcentaje varió de 13 a 18% sin diferencia estadística entre ellos. La severidad de la enfermedad presentada en ambos años es menor a la reportada en otros estudios (Pulido-Herrera *et al.*, 2012). En general, los fungicidas químicos (MT y TB) redujeron la severidad del daño durante los dos años; mientras que la aplicación de *Trichoderma harzianum* y de micorrizas fueron efectivas solamente en 2011. La aplicación de fungicidas biológicos y químicos aunque no redujeron la incidencia del hongo, logró reducir la intensidad del daño en las raíces debido probablemente a que los fungicidas tienen efecto sobre el retraso en la aparición del hongo (Alvarado, 1983 y Porter *et al.*, 1989).

thiophanate (MT) were those that showed lower degree of severity of the disease with 10, 12 and 15%, respectively, being statistically different from the rest of the treatments, whose values ranged from 33 to 41%. In 2011, control plants and where Ceres + Liquicomp was applied had greater severity of damage with 30 and 27%, in the rest of the treatments, the percentage ranged from 13 to 18% with no statistical difference between them. The severity of the disease in both years is lower than that reported in other studies (Pulido-Herrera *et al.*, 2012). In general, chemical fungicides (MT and TB) reduced the severity of damage during the two years; while the application of *Trichoderma harzianum* and mycorrhizae were effective only in 2011. The application of biological and chemical fungicides although did not reduce the incidence of the fungus, it managed to reduce the intensity of root damage probably because the fungicides have an effect on the delayed onset of the fungus (Alvarado, 1983 and Porter *et al.*, 1989).



**Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas mensuales registradas durante los años 2010 y 2011 en la región de Magdalena de Kino, Sonora.**

**Figure 1. Monthly maximum and minimum temperatures recorded during the years 2010 and 2011 in the region of Magdalena de Kino, Sonora.**

### Plant height

In both years of evaluation, plant height showed no statistical difference between treatments. In 2010 ranged from 69 to 73 cm and in 2011 ranged from 70 to 74 cm between treatments. Plants inoculated with mycorrhizal did not improve vegetative growth, contrary to the statement by Azcón-Aguilar and Barea (1997) who point out that associations with these organisms provide an improvement in nutrition, which promotes greater leaf development.

**Cuadro 2. Incidencia y severidad de la pudrición rosada *Pyrenochaeta terrestris* en cebolla con la aplicación de diferentes fungicidas químicos y biológicos durante 2010 y 2011.**

**Table 2. Incidence and severity of pink root rot *Pyrenochaeta terrestris* in onion with the application of different chemical and biological fungicides in 2010 and 2011.**

Tratamientos	Incidencia del hongo (%)		Severidad (%)	
	2010	2011	2010	2011
<i>Trichoderma harzianum</i>	49 a <sup>z</sup>	22 a	33 ab	14 b
Micorrizas	53 a	23 a	34 ab	18 b
Ceres + liquicomp	53 a	27 a	34 ab	27 a
Metil tiofanato (MT)	49 a	25 a	15 c	16 b
Tiocianometitio benzotiazol (TB)	45 a	27 a	12 c	15 b
TB + <i>Trichoderma harzianum</i>	39 a	21 a	10 c	13 b
Testigo	73 a	30 a	41 a	30 a
Significancia	ns	ns	0.01	0.01
CV	24.6	28.4	28.5	26.5

<sup>z</sup>Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

### Altura de la planta

En los dos años de evaluación, la altura de planta no presentó diferencia estadística entre los tratamientos. En 2010 varió de 69 a 73 cm y el 2011 osciló de 70 a 74 cm entre los tratamientos. Las plantas inoculadas con micorrizas no mejoraron el crecimiento vegetativo, contrario a lo señalado por Azcón-Aguilar y Barea (1997) quienes señalan que las asociaciones con estos organismos proporcionan un mejoramiento en la nutrición, lo cual promueve mayor desarrollo foliar.

### Peso del bulbo

El peso del bulbo presentó diferencias estadísticas significativas ( $p \leq 0.05$ ) en ambos años. En 2010, el tratamiento donde se aplicó tiocianometitio benzotiazol fue el que logró el mayor peso de bulbo con 234 g. Este valor fue diferente estadísticamente a los tratamientos donde se aplicó *Trichoderma harzianum* y testigo donde se obtuvieron el menor peso de bulbo con 205 g para cada uno de ellos. En 2011, sobresalieron los tratamientos donde se aplicó *Trichoderma harzianum* solo y cuando se combinó con TB, los cuales lograron el mayor peso de bulbo con 212 y 206 g, respectivamente. El menor peso de bulbo se obtuvo con el tratamiento testigo con 181g. En trabajos previos aplicando solamente fungicidas biológicos, se redujo la incidencia de pudrición rosada pero no se obtuvieron diferencias en el rendimiento ni en el peso del bulbo (Macías-Duarte *et al.*, 2004).

### Bulb weight

Bulb weight showed statistically significant differences ( $p \leq 0.05$ ) in both years. In 2010, the treatment where tiocianometitio benzothiazole was applied achieved the highest bulb weight with 234 g. This value was statistically different to the treatments where *Trichoderma harzianum* and control were applied obtaining the lowest weight bulb with 205 g for each. In 2011, the treatments where only *Trichoderma harzianum* was applied excelled and when combined with TB, which achieved the highest bulb weight of 212 and 206 g, respectively. The lowest bulb weight was obtained with the control treatment with 181g. In previous work using only biological fungicides, pink root rot incidence was reduced but it showed no difference in yield or bulb weight (Macías-Duarte *et al.*, 2004).

### Yield

In 2010, there was no statistical difference in yield between treatments, and a production between 36.2 and 40.9 t ha<sup>-1</sup> was obtained. In contrast, 2011 showed statistical differences ( $p \leq 0.05$ ). Treatments where *Trichoderma harzianum* and combination of TB + *Trichoderma harzianum* were applied obtained the highest yields with 76.8 and 73.4 t ha<sup>-1</sup>, respectively. The lowest yields were obtained with control 62.5 t ha<sup>-1</sup> and where methyl thiophanate was applied obtained 65 t ha<sup>-1</sup> (Table 4). Studies performed by Pulido-Herrera *et al.* (2012) indicated that the application of *Trichoderma harzianum* increased onion yield in 14.6% compared to those where chemical fungicides were applied. On the other hand,



**Cuadro 3. Altura de planta y peso del bulbo en cebolla con la aplicación de diferentes fungicidas químicos y biológicos sobre la pudrición rosada *Pyrenochaeta terrestris* durante los años 2010 y 2011.**

**Table 3. Plant height and bulb weight in onion with the application of different chemical and biological fungicides on pink root rot *Pyrenochaeta terrestris* during 2010 and 2011.**

Tratamientos	Altura de planta (cm)		Peso de bulbo (g)	
	2010	2011	2010	2011
<i>Trichoderma harzianum</i>	70 a <sup>z</sup>	72 a	205 b	212 a
Micorrizas	73 a	73 a	213 ab	198 b
Ceres + liquicomp	73 a	74 a	215 ab	193 b
Metil tiofanato (MT)	72 a	71 a	212 ab	189 c
Tiocianometitio benzotiazol (TB)	73 a	71 a	234 a	195 b
TB + <i>Trichoderma harzianum</i>	70 a	72 a	207 ab	206 a
Testigo	69 a	70 a	205 b	181 d
Significancia	ns	ns	0.05	0.05
CV	6.5	7.1	4.8	3.2

<sup>z</sup>Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

### Rendimiento

En 2010, no hubo diferencia estadística en el rendimiento entre los tratamientos, y se obtuvo una producción entre 36.2 y 40.9 t ha<sup>-1</sup>. En contraste, 2011 se presentaron diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ). Los tratamientos que obtuvieron el mayor rendimiento fue donde se aplicó *Trichoderma harzianum* y la combinación de TB + *Trichoderma harzianum* con 76.8 y 73.4 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Los menores rendimientos se obtuvieron en el testigo 62.5 t ha<sup>-1</sup> y donde se aplicó metil tiofanato con 65 t ha<sup>-1</sup> (Cuadro 4). Estudios realizados por Pulido-Herrera *et al.* (2012) indicaron que la aplicación de *Trichoderma harzianum* incrementaron el rendimiento en cebolla en 14.6% en comparación a los que fueron aplicados con fungicidas químicos. Por otro lado, otras investigaciones señalan que la aplicación de esterilizantes al suelo como Dazomet (750 kg ha<sup>-1</sup>) más solarización al suelo incrementó significativamente el rendimiento, además de mejorar la calidad en poscosecha (Porter *et al.*, 1989; Pages y Notteghem, 1996). Igualmente, la solarización con plástico transparente con enmiendas orgánicas incrementaron el rendimiento entre 22 y 34% (Pulido-Herrera *et al.*, 2012). La diferencia en el rendimiento obtenido entre años en el presente estudio obedece a que en 2010 se utilizó una densidad de plantación baja y riego convencional, en 2011 se plantó con densidad alta y riego por goteo y con esta tecnología es posible incrementar el rendimiento entre 50 y 100% (Macías y Grijalva, 2005).

other researches indicate that the application of sterilizing agents to the soil like Dazomet (750 kg ha<sup>-1</sup>) plus solarization to the soil significantly increased yield, besides improving postharvest quality (Porter *et al.*, 1989; Pages and Notteghem, 1996). Similarly, solarization with clear plastic, with organic amendments increased yield between 22 and 34% (Pulido-Herrera *et al.*, 2012). The difference in yield between years in this study is due to in 2010 a low-density planting and conventional irrigation was used, while in 2011 was planted with high density and drip irrigation and with this technology is possible to increase yields between 50 and 100% (Macías and Grijalva, 2005).

**Cuadro 4. Rendimiento en cebolla con la aplicación de diferentes fungicidas químicos y biológicos para el control de la pudrición rosada *Pyrenochaeta terrestris* durante 2010 y 2011.**

**Table 4. Onion yield with the application of different chemical and biological fungicides to control pink root rot *Pyrenochaeta terrestris* during 2010 and 2011.**

Tratamientos	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	
	2010	2011
<i>Trichoderma harzianum</i>	36.2 a <sup>z</sup>	76.8 a
Micorrizas	38.5 a	68.6 b
Ceres + liquicomp	38.8 a	67.7 bc
Metil tiofanato	40.9 a	65 cd
Tiocianometitio benzotiazol (TB)	40.4 a	69.7 b
TB + <i>Trichoderma harzianum</i>	37.1 a	73.4 a
Testigo	36.3 a	62.5 d
Significancia	ns	0.05
CV	10.3	12.8

<sup>z</sup>Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

## Conclusiones

Los fungicidas químicos y biológicos no afectaron significativamente el porcentaje de incidencia de pudrición rosada, pero redujeron la severidad del daño en las raíces.

La aplicación de *Trichoderma harzianum* solo o en combinación con tiocianometitio benzotiazol mejoraron el rendimiento en el año 2011 por efecto de un incremento en el tamaño de bulbo.

El porcentaje de incidencia y severidad de la pudrición rosada fue diferente entre años, así como la eficiencia de los fungicidas.

## Literatura citada

- Adams, A. I. 2003. Use of different methods for the control of pink root rot disease (*Pyrenochaeta terrestris*) 'Hansen' of onion (*Allium cepa* L.) in Nyola Province. Thesis (Ph. D). Faculty of Agriculture- University of Khartoum, Shambat (Sudan). <http://www.agris.fao.org>.
- Alvarado, H. G. 1983. Distribución, incidencia y características de la enfermedad raíz roja de la cebolla causada por *Pyrenochaeta terrestris* (Hansen) en la región Centro Occidental de Venezuela. *Agron. Trop.* 33:123-141.
- Aragónés, A. M. 1988. Desarrollo y control de las enfermedades de las plantas. National Academy of Science. Ed. Limusa. México, D. F. 212 p.
- Azcón, A. C. and Barea, J. M. 1997. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne pathogens an overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza* 6:457-464.
- Bello, A.; López, L. A. J. y Díaz, V. 2002. Biofumigación y solarización como alternativas al bromuro de metilo. Departamento de Agroecología. Madrid, España. 50 p.
- Biesiada, A.; Kolota, E.; Pietr, S.; Stankiewicz, M. and Matkowski K. 2004. Evaluation of some biological methods of pink root rot control on leek. *Acta Hort.* 635:187-194.
- Castellanos, J. Z.; Uvalle, B. J. X. y Aguilar, S.A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Colección INCAPA. 150 p.
- Davis, R. M. and Aegerter, B. J. 2008. Management guideline of onion and garlic pink root. Publication 3452. *Agric. Nat. Res.* University of California. 25 p.
- González, A. H.; García, G. A. and Abreu, S. 1985. Comportamiento de cultivares de cebolla en suelos infestados con el hongo de la raíz roja *Pyrenochaeta terrestris* (Hansen). *Agron. Trop.* 35:105-114.
- Harman, G. E. 2006. Overview of mechanism and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 96:190-194.
- INIFAP. 1985. Guía para la asistencia técnica agrícola. Área de influencia del Campo Experimental Región de Caborca. Caborca, Sonora, México. 10 p.

## Conclusions

Chemical and biological fungicides did not significantly affect incidence rate of pink root rot, but reduced the severity of damage to the roots.

The application of *Trichoderma harzianum* alone or in combination with tiocianometitio benzothiazole improved yield in 2011 as a result of an increase in the size of the bulb.

Incidence and severity percentage of pink root rot was different between years, as well as fungicides efficiency.

*End of the English version*



- Katan, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: status and prospect. *Plant Dis.* 64:450-454.
- Lacy, M. L. and Roberts, D. L. 1982. Yields of onion cultivars in midwestern organic soils infested with *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* and *Pyrenochaeta terrestris*. *Plant Dis.* 66:1003-1006.
- Luong, T. M.; Huynh, M. T.; Tran, U.; Dau, V. T.; Burgess, L. W.; Phan, H. T.; Aveskam, M. M. and Vo, A. D. 2008. First report of phoma terrestris pink root rot of chinese onion in Vietnam. *Austr. Plant Dis.* 3:147-149.
- Macías, D. R.; Grijalva, C. R. L.; Valenzuela, R. M. and Robles, C. F. 2004. Chemical control in the soil fungus (*Pyrenochaeta terrestris*) in onion production. *HortSci.* 39:804.
- Macías, D. R. y Grijalva, C. R. L. 2005. Tecnología de producción de hortalizas, frutales y forrajes en la región de Magdalena de Kino, Sonora. 2005. SAGARPA-INIFAP-CIRNO-CECAB. Publicación Técnica Núm. 8. 110 p.
- Netzer, D.; Rabinowitch, H. D. and Weintal, C. 1985. Greenhouse technique to evaluate onion resistance to pink root. *Euphytica* 34:385-391.
- Nischwitz, C. and Dhiman, C. 2012. Pink root of onion. UTAH State University Cooperative Extension. Fact Sheet 017. 1-5 pp.
- 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.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L., México.
- Pages, J. and Notteghem, L. 1996. Effects of soil treatment practices on pink root disease of onion in the Senegalese cultivation system. *Inter. J. Pest Manag.* 42:29-34.
- Porter, I. J.; Merriman, P. R. and Keane, P. J. 1989. Integrated control of pink root (*Pyrenochaeta terrestris*) of onions by dazomet and soil solarization. *Austr. J. Agric. Res.* 40:861-869.
- Pulido, H. A.; Zavaleta, M. E.; Cervantes, D. L. y Grimaldo, J. O. 2012. Alternativas de control en la pudrición radical de cebolla para el Valle de la Trinidad, Baja California. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3:97-112.

- Ruiz, C. J. A.; Medina, G. G.; Grageda, G. J.; Silva, S. M. M. y Díaz, P. G. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del Estado de Sonora. (Periodo 1961-2003). INIFAP-CIRNO-SAGARPA. Libro Técnico Núm. 1. 92-93 pp.
- Sander, F.; Langston, D. and Foster, M. 2006. Effect of fungicide dip treatment on fungal disease and yield of transplanted sweet onion. <http://www.caes.uga.edu>.
- Thornton, M. K. and Mohan, S. K. 1996. Response of sweet Spanish onion cultivars and numbered hybrids to basal and pink root. *Plant Dis.* 80:660-663.
- Towsend, G. R. and Heuberger, J. V. 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Dis. Report.* 24:340-343.
- SIAP. 2014. Cierre de la producción agrícola por estado. <http://www.siap.gob.mx>.
- Wall, E. S. and Corgan, J. 1993. Onion disease in New Mexico. Cooperative service. Circular 538. College of Agriculture and Home Economics. University New Mexico State. Las Cruces New Mexico. USA 5 p.
- Zavaleta, M. E. 1999. Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. *Terra.* 17:201-207.