

Tipo de Riego, la Aplicación de Acolchado Orgánico y Fungicidas Sobre las Pérdidas de Cosecha Ocasionadas por el Corazón Mohoso [*Alternaria alternata* (Fries) Keissler] en Manzanos [*Malus sylvestris* (L.) Mill. var. *domestica* (Borkh) Mansf.] cv. Red Delicious

Irrigation Type, Organic Mulch and Fungicide Sprays over Yield Losses Caused by Moldy Core [Alternaria alternata (Fries) Keissler] in Apple Trees [Malus sylvestris (L.) Mill. var. domestica (Borkh) Mansf.] cv. Red Delicious

Manuel Rafael Ramírez-Legarreta, Juan Luis Jacobo-Cuéllar, Mario René Ávila-Marioni, Rafael Ángel Parra-Quezada y María Guadalupe Zacatenco-González. INIFAP, Campo Experimental Sierra de Chihuahua (CESICH), Hidalgo 1213, Zona Centro, Cuauhtémoc, Chihuahua, México CP 31500. Correspondencia: legarreta.manuel@inifap.gob.mx

(Recibido: Julio 3, 2009 Aceptado: Octubre 8, 2009)

Ramírez-Legarreta, M.R., Jacobo-Cuéllar, J.L., Ávila-Marioni, M.R., Parra-Quezada, R.A. y Zacatenco-González, M.G. 2009. Tipo de riego, la aplicación de acolchado orgánico y fungicidas sobre las pérdidas de cosecha ocasionadas por el corazón mohoso [*Alternaria alternata* (Fries) Keissler] en manzanos [*Malus sylvestris* (L.) Mill. Var. *domestica* (Borkh) Mansf.] cv. Red Delicious. Revista Mexicana de Fitopatología 27:113-122.

Resumen. En los ciclos 2006 y 2007 se evaluó el efecto del tipo de riego, presencia de acolchado orgánico y aspersiones de fungicidas sobre el daño del corazón mohoso del cultivar Red Delicious en un huerto de la localidad de Cuauhtémoc, Chihuahua, México. La parcela experimental consistió en cinco hileras de 21 árboles cada una. En los primeros 11 árboles de cada hilera se modificó el tipo de riego hacia goteo enterrado, el cual originalmente fue de micropasación, dejando los 10 restantes con el riego original. Sobre éstas últimas parcelas se ubicaron tratamientos con acolchado orgánico y en ambos tipos de riego se realizaron aspersiones de *Bacillus subtilis*, saponinas esteroidales y kresoxim methyl. Los resultados indicaron que el tipo de riego marcó la mayor diferencia entre los tratamientos en cuanto al daño presentado, la presencia o ausencia de acolchado, no modificó la intensidad de daño y las aspersiones de fungicidas mostraron efectos inconsistentes en ambos ciclos. Se considera que el efecto del tipo de riego es debido al impacto del agua sobre la superficie del suelo donde se encuentra el inóculo del hongo.

Palabras clave adicionales: Manejo, floración, pérdidas de cosecha.

Abstract. The effect derived from irrigation type, organic mulch and fungicide sprays during the 2006 and 2007 cycles over the moldy core damage on the Red Delicious apple cultivar was evaluated in an orchard located in Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico. The experimental plot consisted in five lines of 21 trees each. The irrigation type for the first 11 trees of each line was modified to subsurface drip irrigation, which was originally performed by microsprinklers, leaving the 10 trees left with the original irrigation type. Organic mulch treatments were located over these last plots, performing *Bacillus subtilis*, steroidal saponine and kresoxim methyl aspersions to both irrigation types. The results indicated that the irrigation type set the highest differences among treatments with regards to the damage revealed. Neither the presence nor absence of organic mulch reached to modify the damage intensity, and the fungicide aspersions revealed inconsistent effects in both cycles. It is considered that the effect derived from the irrigation type is due to water impact on the soil surface where the fungi inoculum is located.

Additional keywords: Management, bloom period, yield losses.

INTRODUCTION

Alternaria alternata (Fries) Keissler is the fungi most commonly associated with the moldy core disease of the apple fruit [*Malus sylvestris* (L.) Mill. Var. *Domestica* (Borkh) Mansf.] cv Red Delicious (Reuveni *et al.*, 2006); it has been found in South Africa that the damage may be caused by *Alternaria arborescens* Simmons, *Alternaria infectoria* Simmons and *Alternaria tenuissima* (Kunze) Wiltshire (Serdani *et al.*, 2002). This is considered the most

INTRODUCCIÓN

Alternaria alternata (Fries) Keissler es el hongo predominantemente asociado al corazón mohoso del fruto del manzano [*Malus sylvestris* (L.) Mill. Var. *domestica* (Borkh) Mansf.] cv Red Delicious (Reuveni *et al.*, 2006), en Sudáfrica se ha encontrado que el daño puede ser ocasionado por *Alternaria arborescens* Simmons, *Alternaria infectoria* Simmons y *Alternaria tenuissima* (Kunze) Wiltshire (Serdani *et al.*, 2002). La enfermedad es considerada la más importante de este cultivar en el norte de México. En los Estados Unidos se encuentra catalogada como de menor importancia en pérdidas durante postcosecha (English, 1944; Lockhart and Forsyth, 1974) y se define como problema de calidad (Ellis y Barrat, 1983a) más que de producción. El corazón mohoso se caracteriza por el crecimiento del micelio dentro de los lóculos, con o sin penetración en el mesodermo del fruto (Reuveni y Sheglov, 2003; Michailides *et al.*, 1994), los síntomas externos de frutos enfermos son difíciles de percibir aunque algunos pueden adquirir color y caer en forma prematura (Ellis y Barrat, 1983a; Spotts, 1990). Las condiciones climáticas adecuadas para el desarrollo de la infección es la presencia de lluvia durante la floración del manzano (Ramírez-Legarreta y Jacobo-Cuéllar, 1999a) o bien alta humedad relativa y temperaturas medias (Reuveni y Sheglov, 2002). Se considera a los cultivares con cáliz abierto como las de mayor susceptibilidad (Millar, 1959) aunque también se ha reportado en cultivares Fuji (Michailides *et al.*, 1994). En la región productora de manzana del estado de Chihuahua, las pérdidas ocasionadas por la enfermedad en 1997 fueron de 5.8 ton.ha⁻¹, equivalente a 17 400 \$.ha⁻¹ (Ramírez-Legarreta y Jacobo-Cuéllar, 1999b). En un estudio posterior, ubicando las pérdidas ocasionadas dentro de estratos de tecnificación de huertos se determinó que las pérdidas de producción por efecto del corazón mohoso fueron más fuertes en huertos de media y alta tecnificación (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2000). En este mismo estudio se definió que la intensidad de daño se encuentra directamente relacionada con el número de frutos presentes en el árbol (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2000). En los años 2001 y 2002 se reportaron pérdidas de producción por daño de corazón mohoso del 6.4 y 13.2% del total de la cosecha respectivamente (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2006). El daño aunque variable entre ciclos es permanente en la región manzanera de Chihuahua, donde se ha desarrollado un modelo de comportamiento de la enfermedad (Ramírez-Legarreta y Jacobo-Cuéllar, 1999a) que permite la reducción del daño en relación al manejo del productor en 60% (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2004), sin embargo la utilización de éste es aún moderada y a pesar de que se utilizan 2.4 Kg.ha⁻¹ de ingrediente activo de fungicidas para el manejo de la enfermedad (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2004), la continuidad del daño persiste. La escasa presencia de la lluvia durante la floración del manzano en Chihuahua (Medina-García *et al.*, 2006), la necesidad de cambiar a sistemas de riego más efectivos, así como el aumento en el uso de acolchados para el ahorro de humedad en los huertos de manzano permiten anticipar cambios en la presencia e intensidad del corazón mohoso de la manzana Red Delicious, dado el carácter saprófito del patógeno (Rotem, 1994). El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar el

importante enfermedad para este cultivar en Northern Mexico. It is catalogued in the United States with a lower level of importance in post-harvest loss (English, 1944; Lockhart and Forsyth, 1974), being defined more as a quality issue (Ellis and Barrat, 1983a) than as a production related. The moldy core disease is characterized by a mycelium development within the locules, with or without fruit mesoderm penetration (Reuveni and Sheglov, 2003; Michailides *et al.*, 1994); the fruit external symptoms are not easy to be perceived, even though some of them may become colorful and fall off the tree prematurely (Ellis and Barrat, 1983a; Spotts, 1990). The adequate climatic conditions for the infection development are either rainfall presence during apple flowering (Ramírez-Legarreta and Jacobo-Cuéllar, 1999a) or a high relative humidity and average temperatures (Reuveni and Sheglov, 2002). Cultivars with an open calyx are considered as the most susceptible (Millar, 1959) although they have also been reported in Fuji cultivars (Michailides *et al.*, 1994). The losses caused by the disease in 1997 on the apple growing region of the State of Chihuahua were 5.8 ton.ha⁻¹, equal to 17 400 \$.ha⁻¹ (Ramírez-Legarreta and Jacobo-Cuéllar, 1999b). Further studies determined that the production loss due to moldy core effect were stronger on medium and high technification orchards, taking losses within an orchard technification strata (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2000). It was determined by this very same study that the damage intensity is directly related with the number of fruit present on the tree (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2000). Production loss by moldy core ranging from 6.4 and 13.2% total harvest were reported in the years 2001 and 2002, respectively (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2006). Despite damage variations among cycles, it turns permanent in the Chihuahua apple region, where a behavioral disease model has been developed (Ramírez-Legarreta and Jacobo-Cuéllar, 1999a), permitting a 60% damage reduction with regards to the producer management (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2004); nevertheless, its utilization is still moderate and spite of 2.4 Kg.ha⁻¹ fungicides active ingredient are utilized for the management of the disease (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2004), damage continuity persists. The rainfall absence during apple flowering in Chihuahua (Medina-García *et al.*, 2006), the change necessity for more effective irrigation systems, as well as the increase of organic mulch utilization for humidity saving in apple tree orchards allow to prevent changes in the Red Delicious apple moldy core disease presence and intensity, due to its saprophyte and pathogen character (Rotem, 1994). The present study is aimed to evaluate the effect derived from irrigation type, organic mulch presence and fungicide application over Red Delicious Apple moldy core damage.

MATERIALS AND METHODS

Study site. The study was performed during the 2006 and 2007 cycles in Cuauhtemoc, Chihuahua, Mexico located at 28° 25' LN and 106° 51' LO, at 2010 m altitude, with a semidry template climate, 478 mm average pluvial precipitation and a 14.2°C annual average temperature (Medina-García *et al.*, 2006).

Experimental plot. The experiment was set within a 20 year

consistió en evaluar el efecto del tipo de riego, la presencia de acolchados orgánicos y la aplicación de fungicidas sobre el daño del corazón mohoso de la manzana Red Delicious.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. El trabajo se desarrolló durante los ciclos 2006 y 2007 en el municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua ubicado a 28°25' LN y 106°51' LO, altitud de 2010 msnm, con clima semiseco templado, precipitación pluvial promedio de 478 mm y temperatura media anual de 14.2 °C (Medina-García *et al.*, 2006).

Parcela experimental. El experimento se estableció en un huerto de 20 años de edad del cultivar Red Delicious sobre portainjerto MM 106, plantados a 5 X 4 m y una densidad de 500 árboles por hectárea. En un bloque de 105 árboles de manzano se utilizaron dos hileras de 21 árboles cada una, que a la vez presentaban hileras adyacentes de protección, para distribuir los siguientes tratamientos: Goteo enterrado; Goteo enterrado+aspersiones de *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn; Microaspersión+acolchado orgánico; Microaspersión+acolchado orgánico+aspersiones de *Bacillus subtilis*; Goteo enterrado+aspersiones de saponinas esteroidales; Goteo enterrado+aspersiones de kresoxim metil; Microaspersión+acolchado orgánico+aspersiones de saponinas esteroidales; Microaspersión+acolchado orgánico+aspersiones de Kresoxim metil; testigo del productor (Microaspersión sin acolchado y sin aspersiones de fungicidas). La primer hilera experimental estuvo ocupada por los primeros cuatro tratamientos, y la segunda por los últimos cuatro. Cada tratamiento correspondió a cuatro árboles, dejando una hilera y un árbol intermedio entre tratamientos como protección. En los primeros 10 árboles de cada una de las cinco hileras utilizadas se modificó el sistema de riego original del productor (microaspersión), con goteo enterrado o subsuperficial. El sistema se enterró a una profundidad de 35 ± 5 cm, utilizando mangueras RAM de 20 mm con goteros autocompensados incrustados cada 60 cms y un gasto aproximado de 1.62 lph en ambos lados de la hilera. El sistema y sus componentes de filtrado, Venturi, válvulas de control y presión, fue el mismo para ambos tipos de riego. El tipo de microaspersión estuvo constituido por mangueras superficiales y goteros de 18 lph y se dispuso en medio de la hilera ubicando cada aspersor entre cada dos árboles. Ambos sistemas fueron operados por el productor propietario el huerto. Se utilizaron todos los días durante el período de floración en los dos ciclos, por un lapso de cuatro horas y su uso fue dependiente del manejo normal por parte del productor propietario del huerto. En el centro del bloque de árboles se instaló un higrotermógrafo marca Dikson THDX^{MR} en una caseta meteorológica para el registro diario de la humedad relativa y la temperatura, ésta se localizó en el árbol de protección central que separó los tratamientos de goteo enterrado y microaspersión. La velocidad de viento promedio diaria, y la ocurrencia de precipitación pluvial fueron capturadas por medio de una estación meteorológica computarizada propiedad de la Unión de Fruticultores del Estado de Chihuahua, ubicada en un huerto adyacente al experimental.

Acolchado y fungicidas. El acolchado utilizado fue una

old Red Delicious apple orchard on MM106 rootstock, planted at 5 X 4 m and at a density of 500 trees per ha. Set in a 105 apple tree blocks, two lines of 21 trees each were used, which presented protection adjacent lines, looking forward to carry on a distribution of the following treatments: subsurface drip irrigation; subsurface drip irrigation + *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) Cohn sprays; Microsprinklers + organic mulch; Microsprinklers + organic mulch+ *Bacillus subtilis* sprays; subsurface drip irrigation + steroidal saponine sprays; subsurface drip irrigation + kresoxim methyl sprays; Microsprinklers + organic mulch + steroidal saponine sprays; Microsprinklers + organic mulch + Kresoxim methyl; producer control (Microsprinklers with neither organic mulch nor fungicide aspersions). The four first treatments was on the first experimental line, having the second line with the last four. Each treatment was conformed by four trees, leaving a single tree line and an intermediate tree among treatments, as protection. The grower original irrigation system (microsprinklers) was modified with either subsurface drip irrigation in the first ten trees from each one of the five tree lines used. The system was buried at 35 ± 5 cm depth, using 20 mm RAM hoses with auto-compensated drop devices embedded every 60 cm and with a 1.62 lph approximate expenditure on both sides of the line. The system and its filter components, Venturi, control and pressure valves were the same for both irrigation types. The microsprinklers type was formed by superficial hoses and 18 lph water dripping devices, being set in the middle of the tree line locating each sprinkler among every two trees. Both systems were operated by the owner of the orchard. They were utilized every day during the bloom period in both cycles for a four hours period, having its use relying on the normal management provided by the owner of the orchard. A hydro-thermograph Dikson THDXTM was set at the centre of the tree block in a meteorological booth for daily relative humidity and temperature registration, located on the central protection tree which separated the subsurface drip irrigation and microsprinklers treatments. The daily wind average velocities, as well as the pluvial precipitation occurrence were recorded by a computerized meteorological station owned by the Fruit Growers Union of the State of Chihuahua, located in an orchard adjacent to the experimental.

Organic mulch and fungicides. The mulch utilized was a mixture of oat straw, pine peel and oak plus sawdust. It was placed over the treatment lines that contained them, with a thickness of approximately 15 cm being deposited. The mulch thickness was measured every month, putting back the missing thickness as often as it was necessary. The fungicides and the dosages utilized were: *Bacillus subtilis*, 600 gr of i.a. ha⁻¹; Steroidal Saponines, 180 gr of i.a. ha⁻¹; Kresoxim methyl, 100 gr of i.a. ha⁻¹. All dosages were calculated in 1000 Lt of water. The aspersions were performed at 30 and 60 % apple flowering on March 20th and April 4th 2007, since it is considered as the most susceptible flowering stage (Reuveni *et al.*, 2002). The fruit number present in each one of the treatment trees to be immediately evaluated was registered to the account after fruit thinning practice. Likewise, weekly sampling of the total fruit that had fallen off from each

mezcla de paja de avena, cáscara de pino y encino más aserrín. Se ubicó sobre las hileras de los tratamientos que lo contenían, depositando aproximadamente 15 cms de espesor. El espesor del acolchado fue medido cada mes, reponiendo el espesor faltante las veces que fue necesario. Los fungicidas y dosis utilizados fueron: *Bacillus subtilis*, 600 gr de i.a. ha⁻¹; Saponinas esteroidales, 180 gr de i.a. ha⁻¹; Kresoxim methyl, 100 gr de i.a. ha⁻¹. Todas las dosis estuvieron calculadas en 1000 litros de agua. Las aspersiones se realizaron al 30 y 60% de floración del manzano, los días 20 de marzo y 4 de abril en 2006, y el 23 y 31 de marzo en 2007, ya que se considera a la etapa de floración como la más susceptible (Reuveni *et al.*, 2002). Se contabilizó el número de frutos presentes en cada árbol de los tratamientos a evaluar inmediatamente después de la práctica de aclareo de fruto. Así mismo, a partir de la última semana del mes de mayo (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2004 a y b) se realizaron muestreos semanales del total de frutos caídos por árbol en cada tratamiento (Ramírez-Legarreta y Jacobo-Cuéllar, 1999a). Los frutos recolectados fueron partidos ecuatorialmente para observar la presencia del daño originado por *Alternaria alternata*, llevándose un registro de daño semanal.

Impacto ambiental, costos, análisis estadístico y de residuos. Se evaluó el coeficiente de impacto ambiental generado por la aplicación del Kresoxim methyl en cada tratamiento de los ciclos 2006-2007 (Ramírez-Legarreta y Jacobo-Cuéllar, 2002; Ramírez-Legarreta *et al.*, 2004), el cual se determina en campo de la siguiente forma: Impacto ambiental = $EQ \cdot i.a. \cdot dosis \cdot frecuencia$, donde; EQ = coeficiente de impacto ambiental obtenido de tablas (Kovach *et al.*, 1992); i.a. = ingrediente activo del producto formulado; dosis = cantidad de producto comercial aplicado en campo; frecuencia = número de aplicaciones. Se realizó un análisis de rentabilidad mediante presupuestos parciales de cada uno de los tratamientos de los ciclos 2006 y 2007 (Perrin *et al.*, 1979). Las comparaciones estadísticas del número de frutos caídos entre tratamientos se realizó mediante la prueba no paramétrica

treatment tree by the last week of May (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2004 a, b). The recollected fruit were divided equatorially in order to observe the presence of damage caused by *Alternaria alternata*, keeping a damage record on a weekly basis.

Environmental impact, costs, statistic and residue analysis. The environmental impact quotient generated by the Kresoxim methyl application was evaluated on each treatment from the 2006-2007 cycles (Ramírez-Legarreta and Jacobo-Cuéllar, 2002; Ramírez-Legarreta *et al.*, 2004), which was determined on the field as follows: Environmental impact = $EQ \cdot i.a. \cdot dosage \cdot frequency$, where EQ = environmental impact coefficient obtained from tables (Kovach *et al.*, 1992); i.a. = active ingredient of the formulated product; dosage = amount of the commercial product applied on the field; frequency = number of applications. A profitability analysis was performed throughout partial budgets for each treatments from the 2006 and 2007 cycles (Perrin *et al.*, 1979). The statistical comparisons concerning the fruit that had fallen off the tree among treatments was carried out by means of the Mann-Whitney none parametric test, aiming to perform an evaluation of two independent samples (Sprent and Smeeton, 2001). A residue analysis in fresh fruit harvested at the residue analysis laboratory from CIAD facilities in Culiacan, Sinaloa, Mexico, was performed in the Kresoxim methyl treatment in both cycles.

RESULTS AND DISCUSSION

Damage between cycles and irrigation types. It was indicated by the amount of moldy core disease fallen fruit that the 2006 cycle presented a significant statistic difference (Table 1) with a higher level of fallen fruit than 2007 (Fig. 1). The probable cause for this result was a higher fruit presence on the tree in the 2006 cycle with regards to the 2007, due to the fact that the disease intensity is directly and positively related to the amount of fruit per tree (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2000). The fruit average per tree in the 2006 cycle was of 202 apples, which decrease to 65 apples in 2007.

The effect derived by the irrigation type over *Alternaria alternata* damage intensity is registered on Figure 2. The subsurface drip irrigation presents a lower amount of disease fallen fruit with regards to the microsprinklers irrigation, the differences were statistically significant in both years (Table 1). The positive relation between microsprinklers irrigation and the higher amount of disease fallen fruit may be due to the effect produced by the microsprinklers over the fungi inoculums deposited in the soil, where these disease fallen fruit induce its spreading and liberation causing a rain like effect, a rather important factor in the fungi infectious process (Ramírez-Legarreta and Jacobo-Cuéllar, 1999a). The relevance provided by this result is supported by most revised literature, which takes high relative humidity as an essential factor for the infection development (Ellis and Barrat, 1983a and b; Lee *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2007; Reuveni *et al.*, 2003; Spotts, 1990; Wilson and Ogawa, 1979). It seems like this factor was not as relevant in the performance of the study hereby, since the relative humidity present in the experimental block did not exceed 63% in both years, despite using micro-

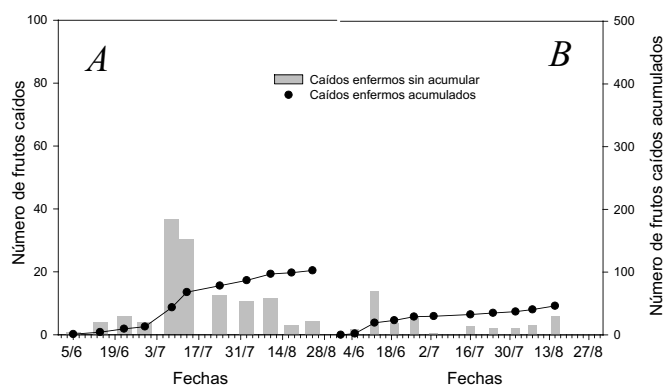


Fig. 1. Promedio del número de frutos caídos enfermos por corazón mohoso (*Alternaria alternata*) durante los años 2006 (A) y 2007 (B) en manzano (*Malus sylvestris* var. *domestica*) cv. Red Delicious, Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

Fig. 1. Average of fallen fruits of apple (*Malus sylvestris* var. *domestica*) cv. Red Delicious with moldy core (*Alternaria alternata*) in the years 2006 (A) and 2007 (B). Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico.

de Mann-Whitney para evaluación de dos muestras independientes (Sprent y Smeeton, 2001). En el tratamiento con Kresoxim methyl durante ambos ciclos se realizó un análisis de residuos en fruta fresca cosechada en el laboratorio de análisis de residuos de CIAD-Culiacán, Sinaloa, México.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Daño entre ciclos y tipos de riego. El número de fruto caído enfermo por corazón mohoso indicó que 2006 presentó diferencia estadística significativa (Cuadro 1) con un mayor número de frutos que 2007 (Figura 1). La causa probable de este resultado fue la mayor presencia de fruto en el árbol durante 2006 en relación al 2007 ya que la intensidad de la enfermedad se encuentra directa y positivamente relacionada al número de frutos (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2000). En 2006 el promedio de frutos por árbol fue de 202 manzanas, en tanto que en 2007 este promedio descendió a 65 manzanas por árbol.

El efecto del tipo de riego sobre la intensidad de daño de *Alternaria alternata*, se anota en la Figura 2. La figura permite definir que el riego por goteo enterrado presenta un menor número de fruto caído enfermo, en relación a donde se utilizó Microaspersión, las diferencias fueron

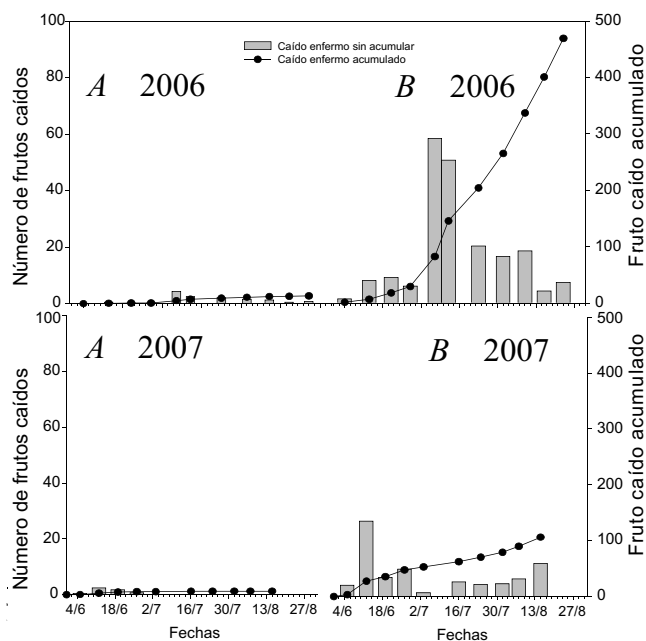


Fig. 2. Promedio de frutos caídos enfermos por corazón mohoso (*Alternaria alternata*) bajo riego por goteo enterrado (A) y microaspersión (B) en manzano (*Malus sylvestris* var. *domestica*) cv. Red Delicious durante 2006 y 2007. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

Fig. 2. Average of fallen fruits of apple (*Malus sylvestris* var. *domestica*) cv. Red Delicious with moldy core (*Alternaria alternata*) under subsurface drip irrigation (A) and microsprinklers (B) in the years 2006 and 2007. Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico.

Sprinklers irrigation on a daily basis, probably due to the consistent wind blows registered during apple flowering (Fig.3). According to the results obtained, it is more than likely that the relevant infection inducing factor is derived from the water impact on the soil surface and/or on the organic mulch, where the fallen fruit inoculums are deposited in order to reach the apple flower. As indicated by previous results, the highest damage concentration is located one and a half meters from the soil surface, decreasing the infection percentage that, according to the sampling, is performed at a higher altitude (Ramírez-Legarreta and Jacobo-Cuéllar, 1999b). Another relevant point, in which the results of the study hereby were not consistent with previous literature, is the probability that the developing fruit may become infected through the calyx by the effect derived from humidity (Reuveni *et al.*, 2006). It can be easily appreciated on Figure 2 that the accumulated damage curve of the subsurface drip irrigation treatment reveals neither increases nor variations during the rainfall season (Fig. 3), defining a single inoculation period possibility in apple flowering, but with a variable latency and infection period within the fruit (Li *et al.*, 2007). The effect derived from subsurface drip irrigation may be easily simulated by the microsprinklers irrigation, as long as its use is prevented during apple flowering. It is not likely recommendable to indicate that the installation of subsurface drip irrigation is suitable for the solution of the *Alternaria alternata* issue, since its installation cost, trench digging and pipes differs from \$1000.00 to \$3000.00 US dollars per ha, depending on the number of hectares. The irrigation utilization in Apple flowering is a common practice in the apple region of Chihuahua, with side effects such as fireblight [*Erwinia amylovora* (Burill), Winslow, Broadhurst, Buchanan, Krunwiede, Roger and Smith] epidemics and moldy core. Fruit quality and production do not become affected by the absence of irrigation during bloom period, but allows proper management of the diseases present in this stage (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2003), as well as a 15% increase of the set fruit (data not published).

Damage in organic mulch treatments and fungicides. The comparison of the disease fallen fruit under the presence or absence of organic mulch is shown in Figure 4. Statistic differences were not revealed neither in the 2006 nor the 2007 cycles by both treatments (Table 1); the organic mulch did not increase damage presence despite the saprophytic characteristics of the fungus (Rotem, 1994). However, it is considered that *Alternaria alternata* presents a higher survival over residue which may differ from the natural host (Norse and Wheeler, 1971).

The treatments submitted to fungicide application revealed an irregular behavior (Fig. 5). Significant statistical differences were detected in 2006 for fungicide spray treatments (Table 1), having registered 60% less fallen fruit in the fungicide treatments. No differences between sprays and none sprays treatments were revealed in 2007 (Fig.5); results, which may seem doubtful, represent a common denominator in *Alternaria alternata* apple tree. Previous results repeat the behavior revealed in the study hereby, detecting the irregularity in benomyl, mancozeb and diodine results as

estadísticamente significativas en ambos años (Cuadro 1). La relación positiva entre el riego por microaspersión y la mayor cantidad de frutos caídos enfermos puede ser ocasionada por el efecto que los microaspersores producen sobre el inóculo del hongo depositado en el suelo, donde los frutos caídos enfermos permiten su propagación y liberación al provocar un efecto parecido a la lluvia, factor importante en el proceso infectivo del hongo (Ramírez-Legarreta y Jacobo-Cuéllar, 1999a). La relevancia del resultado estriba en que la mayoría de la literatura revisada considera a la alta humedad relativa como factor esencial para el desarrollo de la infección (Ellis y Barrat, 1983a y b; Lee *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2007; Reuveni *et al.*, 2003; Spotts, 1990, Wilson y Ogawa, 1979). Al parecer este factor no fue relevante en el desarrollo del presente estudio ya que la humedad relativa presente en el bloque experimental no excedió al 63% en ambos años a pesar de que el riego por microaspersión fue utilizado diariamente, posiblemente por las constantes rachas de viento registradas durante la floración del manzano (Figura 3). Es más probable que el factor relevante para la infección, según los resultados obtenidos, sea el impacto del agua sobre la superficie del suelo y/o acolchado, donde se deposita el inóculo proveniente del fruto caído, para que éste alcance a la flor del manzano. Resultados anteriores indican que la mayor concentración de daño se ubica en el primer metro y medio sobre la superficie del suelo, disminuyendo el porcentaje de infección conforme el muestreo se realiza a mayor altura (Ramírez-Legarreta y Jacobo-Cuéllar, 1999b). Otro punto relevante en que los resultados del presente estudio no coincidieron con la literatura es en la probabilidad de que se infecten frutos en desarrollo a través de cáliz por efecto de la humedad. La Figura 2, permite observar que la curva de daño acumulada del tratamiento con goteo enterrado no muestra incrementos o variaciones en la época de presencia de lluvias (Figura 3), definiendo la posibilidad de un solo período de inoculación durante la floración del manzano, pero con un lapso de latencia e infección variable dentro del fruto (Li *et al.*, 2007). El efecto

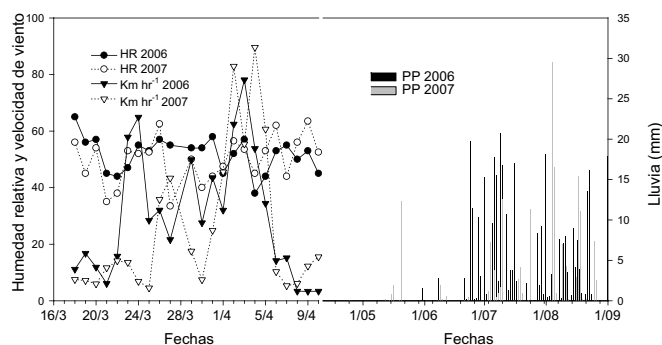


Fig. 3. Humedad relativa (%), velocidad de viento (Km hr^{-1}) durante el período de floración del manzano (*Malus sylvestris* var. *domestica*) cv. Red Delicious y precipitación pluvial ocurrida durante los ciclos 2006-2007. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

Fig. 3. Relative humidity (%), wind velocity (Km hr^{-1}), during the bloom period of apple tree (*Malus sylvestris* var. *domestica*) cv. Red Delicious and pluvial precipitation occurred during the 2006-2007 cycles. Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico.

normal (Ellis and Barrat, 1983a; Biggs *et al.*, 1993), with phyto-regulators (Kretschmar *et al.*, 2007), Diphenylamine (Spotts, 1990), throughout azoxystrobin, diphenconazoles, polyxin B, and trifloxystrobin (Reuveni and Sheglov, 2002), Maneb, Captan, Dodine or benzimidazoles (Wilson and Ogawa, 1979). The results of the comparison among treatments submitted to both synthetic and organic origin fungicides, allowed to observe statistical differences only in 2007, despite both products were statistically equal in those two years, after performing a comparison among organic fungicides (Table 1).

Environmental impact, costs, residue and yield losses. The coefficient and the environmental impact detected by the Kresoxim methyl aspersions in both cycles were 4.20 units. The aspersions estimated cost was 2440.00 \$ ha^{-1} for *Bacillus subtilis*, 2040.00 \$ ha^{-1} with Kresoxim methyl and 1753.00 \$ ha^{-1} with steroidal saponines. The residue analysis performed for Kresoxim methyl indicated ND (None Detectable) with the presupposition that the application time prevents the residue arrival to the fresh fruit for its consumption. The harvest loss caused by moldy core in the years this study was performed presented a 2.3% average for the subsurface drip irrigation, 28.8% with microsprinklers and 22.1% in the control of the grower (Table 2).

CONCLUSIONS

Different damage intensity was registered on both years, mainly caused by fruit density on the tree. The subsurface drip irrigation presented losses by disease fallen fruit, ranging

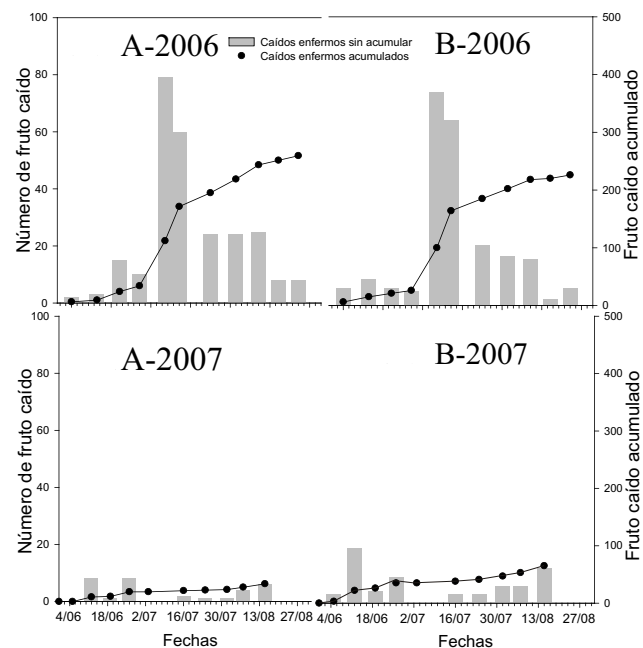


Fig. 4. Promedio de frutos caídos enfermos por corazón mohoso (*Alternaria alternata*) bajo microaspersión con (A) y sin acolchado orgánico (B) en manzano (*Malus sylvestris* var. *domestica*) cv. Red Delicious. Cuauhtémoc, Chihuahua, 2006-2007.

Fig. 4. Average of fallen fruits of apple (*Malus sylvestris* var. *domestica*) cv. Red Delicious with moldy core (*Alternaria alternata*) under microsprinklers irrigation with (A) and without (B) organic mulch. Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico. 2006-2007.

tratamiento con goteo enterrado no muestra incrementos o variaciones en la época de presencia de lluvias (Figura 3), definiendo la posibilidad de un solo período de inoculación durante la floración del manzano, pero con un lapso de latencia e infección variable dentro del fruto (Li *et al.*, 2007). El efecto del riego por goteo enterrado puede ser fácilmente simulado por el riego con micropaspersión, solamente evitando su uso durante la floración del manzano. Indicar que es recomendable la instalación del riego por goteo enterrado para resolver el problema de *Alternaria alternata* en el fruto no es viable, ya que el costo de instalación, zanqueo y tuberías varía entre 1000 y 3000 dólares americanos por hectárea, dependiendo del número de hectáreas. El uso del riego durante la floración del manzano es una práctica común en la región manzanera de Chihuahua, con efectos colaterales de producción de epidemias de tizón de fuego [*Erwinia amylovora* (Burill), Winslow, Broadhurst, Buchanan, Krunwiede, Roger y Smith] y corazón mohoso. La ausencia de riego durante floración no afecta la producción ni la calidad de fruto, en cambio permite el manejo de enfermedades que se presentan durante esta etapa (Ramírez-Legarreta *et al.*, 2003), así como un 15% más de fruto amarrado (datos no publicados).

Daño en tratamientos con acolchado y fungicidas. La comparación del fruto caído enfermo bajo la presencia o ausencia del acolchado orgánico se muestra en la Figura 4. Tanto en 2006 y 2007, no se encontraron diferencias estadísticas en ambos tratamientos (Cuadro 1), la presencia

from 2 to 3% in 2006 and 2007, despite that under microsprinklers irrigation treatment losses ranged from 21 to 22%, respectively. Damage intensity did not become modified neither by the presence nor absence of organic mulch, and the fungicides aspersión did not revealed any consistent results.

LITERATURA CITADA

- Biggs, A.R., Ingle, M., and Solihati, W.D. 1993. Control of *Alternaria* infection of fruit of apple cultivar Nittany with calcium chloride and fungicides. *Plant Diseases* 77:976-980.
- Ellis, M.A., and Barrat, J.G. 1983a. Moldy-core causes problems in Red Delicious. *Ohio Report* 68: 19-21.
- Ellis, M.A., and Barrat, J.G. 1983b. Colonization of Delicious apple fruits by *Alternaria* spp. and effect of fungicide sprays on Moldy-core. *Plant Disease* 67: 150-152.
- English, H. 1944. Notes on apple rots in Washington. *Plant Disease Report* 28:610-622.
- Kretzschmar, A.A., Marodin, G.A.B., Duarte, V., Valdebenito-Sanhueza, R.M., e Guerra, D.S. 2007. Efeito de fitorreguladores sobre a incidencia de podridão carpelar em maçãs "Fuji". *Revista Brasileira de Fruticultura* 29:414-419.
- Kovach, J., Peztdolt, C., Degni, J., and Tette, J. 1992. A method to measure the environmental impact of pesticides. *New York's Food and Life Sciences. Bulletin No. 139.* Cornell University, Ithaca, New York. USA. 8p.
- Lee, H.D., Lee, W. S., Choi, K.H., Kim, D.A., and Uhm, J.Y. 2006. Survey on the occurrence of apple disease in Korea from 1992 to 2000. *The Plant Pathology Journal* 22:375-380.
- Li, Y.C., Bi, Y., and An, L.Z. 2007. Occurrence and latent infection of *Alternaria* rot of Pinggouli pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd. cv. *Pinggouli*) fruits in Gansu, China. *Journal of Phytopathology* 155:56-60.
- Lockhart, C.L., and Forsyth, F.R. 1974. *Alternaria alternata* storage decay of pears. *Canadian Plant Disease Survey* 54:101-102.
- Medina-García, G., Díaz-Padilla, G., Berzoza-Martínez, M., Silva-Serna, M.M., Chávez-Silva, A.H., y Baez-González, A.D. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Chihuahua (período 1961-2003). *Libro Técnico No. 1.* Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. México, D.F. 235 p.
- Michailides, T.J., Morgan, D.P., Mitcham, E., and Chrisosto, C.H. 1994. Occurrence of moldy core and core rot of Fuji apple in California. *Plant Protection Quarterly* 4: 4-6.
- Millar, P.M. 1959. Open calyx tubes as a factor contributing to carpel discoloration in decay of apples. *Phytopathology* 49:520-523.
- Norse, D., and Wheeler, B.E.J., 1971. Perennation of *Alternaria longipes* and the early stages of its development on tobacco. *Annual Applied Biology* 67:23-24.
- Perrin, R.K., Winkelman, D.L., Mascaroli, E.R., y Anderson, I.R. 1979. Formulación de recomendaciones a partir de

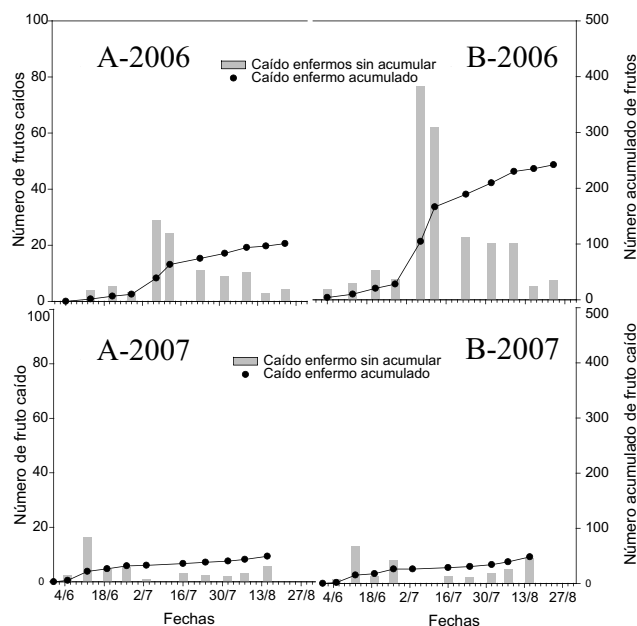


Fig. 5. Promedio de frutos caídos enfermos por corazón mohoso (*Alternaria alternata*) con (A) y sin aspersión de fungicidas (B) en manzano (*Malus sylvestris* var. *domestica*) cv. Red Delicious. Cuauhtémoc, Chihuahua, México. 2006-2007.

Fig. 5. Average of fallen fruits of apple (*Malus sylvestris* var. *domestica*) cv. Red Delicious with moldy core (*Alternaria alternata*) with (A) and without (B) fungicide sprays. Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico. 2006-2007.

Cuadro 1. Valores promedio del número de frutos de manzana (*Malus sylvestris* var. *domestica*) con daño por corazón mohoso (*Alternaria alternata*) y diferencias significativas entre años y tratamientos durante 2006 y 2007 en Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

Table 1. Average of apple fruit (*Malus sylvestris* var. *domestica*) with moldy core damage (*Alternaria alternata*) and significant differences between years and treatments during the 2006 and 2007 cycles in Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico.

Entre años		Entre tratamientos	
2006	19.18 a	Goteo enterrado	5.09 a
		Microaspersión	30.45 b
		Microaspersión + acolchado	36.45 a
		Testigo (microaspersión sin acolchado)	33.18 a
		Con fungicida	16.30 a
		Sin fungicida	24.80 b
		Orgánico	18.16 a
		Sintético	12.68 a
		<i>Bacillus subtilis</i>	17.91 a
		Saponinas	18.41 a
2007	3.83 b	Goteo enterrado	0.59 a
		Microaspersión	6.43 b
		Microaspersión + acolchado	2.82 a
		Testigo (microaspersión sin acolchado)	5.91 a
		Con fungicida	4.26 a
		Sin fungicida	3.00 a
		Orgánico	3.61 a
		Sintético	5.54 b
		<i>Bacillus subtilis</i>	3.05 a
		Saponinas	4.18 a

Valores con misma letra dentro de hileras significa igualdad estadística con $\alpha = 0.05$

del acolchado orgánico no incrementó la presencia de daño, dadas las características saprofíticas del hongo (Rotem, 1994); sin embargo se considera que *Alternaria alternata* tiene mayor supervivencia sobre residuos que pueden ser diferentes a los de su huésped natural (Norse y Wheeler, 1971).

Aquellos tratamientos que estuvieron sujetos a la aplicación de fungicidas mostraron un comportamiento irregular (Figura 5). En 2006 se detectaron diferencias estadísticas significativas para los tratamientos con aspersiones de fungicidas (Cuadro 1), registrando 60% menos de fruto caído en el tratamiento con fungicidas. En 2007 no se encontraron diferencias entre tratamientos asperjados y no asperjados (Figura 5), los resultados aunque parecen ambiguos son un común denominador con *Alternaria alternata* en manzano, resultados

datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. 2ª impresión. CIMMYT, México, D.F. 545 p.

Ramírez-Legarreta, M.R. y Jacobo-Cuellar, J.L. 1999a. Estructura de un modelo para el corazón mohoso (*Alternaria alternata* f. Sp. *Mali*) de la manzana Red Delicious. Revista Mexicana de Fitopatología. 17:29-36

Ramírez-Legarreta, M.R. y Jacobo-Cuellar, J.L. 1999b. Importancia económica, desarrollo epidémico y distribución espacial del corazón mohoso (*Alternaria alternata* f.sp. *mali*) en manzano Red Delicious. Revista Mexicana de Fitopatología 17: 108-112

Ramírez-Legarreta, M.R., Jacobo-Cuellar, J.L., Sánchez-Chávez, E., y Soto-Parra, J.M. 2000. El corazón mohoso, su importancia económica en diferentes estratos de

Cuadro 2. Fruto caído de manzano (*Malus sylvestris* var. *domestica*) dañado por corazón mohoso (*Alternaria alternata*) en nueve tratamientos durante 2006-2007. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

Table 2. Apple fallen fruit (*Malus sylvestris* var. *domestica*) damaged by moldy core (*Alternaria alternata*) in nine treatments during 2006-2007. Cuauhtémoc, Chihuahua, Mexico.

Tratamientos	Total frutos (#)	Total frutos caídos enfermos (#)	Daño (%)	Total frutos (#)	Total frutos caídos enfermos (#)	Daño (%)
GE	963	14	1.4	182	3	1.6
GE + <i>Bs</i>	556	5	0.8	204	3	1.6
GE+SE	818	24	2.9	285	5	1.75
GE+Km	449	12	2.67	297	18	6.0
Media	696.5	13.7	1.9	242	7.2	2.7
MA+AO	1055	258	24.4	234	31	13.24
MA+AO+ <i>Bs</i>	735	219	29.8	302	67	22.2
MA+AO+SE	581	218	37.5	251	87	34.6
MA+AO+Km	398	139	34.9	306	104	33.9
Media	692.2	208.5	31.6	273.2	72.2	25.9
Testigo (MA)	1046	226	21.6	286	65	22.7

GE= Goteo enterrado; GE+*Bs*= Goteo enterrado + *Bacillus subtilis*; GE+SE= Goteo enterrado + saponinas esteroidales; GE+Km= Goteo enterrado + Kresoxim methyl; MA+AO=Microaspersión + acolchado orgánico; MA+AO+*Bs*= Microaspersión+acolchado orgánico+*Bacillus subtilis*; MA+AO+SE; Microaspersión+acolchado orgánico+saponinas esteroidales; MA+AO+Km= Microaspersión+Acolchado orgánico+saponinas esferoidales.

anteriores repiten el comportamiento del presente estudio detectando que lo normal es la irregularidad en los resultados con benomyl, mancozeb y diodine (Ellis y Barrat, 1983a; Biggs *et al.*, 1993), con fitoreguladores (Kretschmar *et al.*, 2007), Diphenylamina (Spotts, 1990), mediante azoxystrobin, difenoconazoles, polyxin B, y trfloxystrobin (Reuveni y Sheglov, 2002), Maneb, Captan, Dodine o benzimidazoles (Wilson y Ogawa, 1979). Los resultados de las comparaciones entre tratamientos sujetos a fungicidas de origen orgánico y sintético, permitieron observar diferencias estadísticas solamente en 2007, en tanto que al comparar entre fungicidas orgánicos, ambos productos fueron estadísticamente iguales en los dos años (Cuadro 1).

Impacto ambiental, costos, residuos y pérdidas de cosecha. El coeficiente e impacto ambiental detectado por las aspersiones de Kresoxim methyl en ambos ciclos fue de 4.20 unidades. El costo estimado de las aspersiones fue de 2440.00

tecnificación de huertos y su relación con la producción de manzano Red Delicious en el estado de Chihuahua. Revista Mexicana de Fitopatología 18: 10-14

Ramírez Legarreta, M.R., y Jacobo Cuellar, J.L. 2002. Impacto ambiental del uso de plaguicidas en huertos de manzano del Noroeste de Chihuahua, México. Revista Mexicana de Fitopatología 20:168-173

Ramírez-Legarreta, M.R., Jacobo-Cuéllar, J.L., Ávila-Marioni, M.R., Gutiérrez-González, R., y Parra-Quezada, R.A. 2003. Toma de decisiones con base a prácticas recomendadas para el manejo del tizón de fuego del manzano en la Sierra de Chihuahua. Folleto Técnico No. 6. INIFAP, Campo Experimental Sierra de Chihuahua. Cuauhtémoc, Chihuahua, México. 42 p.

Ramírez-Legarreta, M.R., Jacobo-Cuéllar, J.L., Ávila-Marioni, M.R. y Gutiérrez-González, R. 2004a. Validación de un sistema de manejo integrado de plagas y

\$ ha⁻¹ para *Bacillus subtilis*, 2040.00 \$ ha⁻¹ con Kresoxim methyl y 1753.00 \$ ha⁻¹ con saponinas esteroidales. Los análisis de residuos realizados para Kresoxim methyl, indicaron ND (no detectable), presuponiendo que la época de aplicación impide la llegada de residuos en el fruto para consumo en fresco. Las pérdidas de cosecha ocasionadas por corazón mohoso en los años del estudio presentaron un promedio de 2.3% para los tratamientos con goteo enterrado, 28.8% con microaspersión y 22.1% en el testigo del productor (Cuadro 1).

CONCLUSIONES

Ambos años registraron diferente intensidad de daño, provocado principalmente por la densidad de fruto en el árbol. El riego por goteo subsuperficial presentó pérdidas durante 2006 y 2007 por fruto caído enfermo del 2 y 3%, en tanto que bajo el riego por microaspersión las pérdidas fueron del orden del 21 y 22% respectivamente. La presencia o ausencia del acolchado orgánico no modificó la intensidad de daño y las aspersiones de fungicidas no mostraron resultados consistentes.

Fin del artículo en español.

- enfermedades en huertos de manzano (*Malus sylvestris* (L.) Mill var. *domestica* (Borkh) Mansf) en Chihuahua, México. Revista Mexicana de Fitopatología 22: 277-289
- Ramírez-Legarreta, M.R., Jacobo-Cuéllar, J.L., Avila-Marioni, M.R. y Parra-Quezada, R.A. 2004b. Eficiencia del uso de plaguicidas en huertos de manzano (*Malus sylvestris* (L.) Mill var. *domestica* (Borkh) Mansf) en Chihuahua, México. Revista Mexicana de Fitopatología 22: 403-413
- Ramírez-Legarreta, M.R., Jacobo-Cuéllar, J.L., Avila-Marioni, M.R., y Parra-Quezada, R.A. 2006. Pérdidas de cosecha, eficiencia de producción y rentabilidad de tres niveles de tecnificación de huertos de manzano [*Malus sylvestris* (L.) Mill. Var. *domestica* (Borkh) Mansf.] en Chihuahua, México. Revista Fitotecnia Mexicana 29: 215-223.
- Reuveni, M., and Sheglov, D. 2002. Effects of azoxystrobin, difenoconazole, polxyn B (polar) and trifloxystrobin on germination and growth of *Alternaria alternata* and decay in Red Delicious apple. Crop Protection 21:951-955.
- Reuveni, M., Sheglov, D., and Cohen, Y. 2003. Control of moldy-core decay in apple fruits by β aminobutyric acids and potassium phosphites. Plant Diseases 87:933-936.
- Reuveni, M., Sheglov, N., Eshel, D., Prusky, D., and Ben-Arie, R. 2006. Virulence and the production of Endo-1,4- β -glucanase by isolates of *Alternaria alternata* involved in the moldy-core disease of apples. Journal of Phytopathology 155:50-55.
- Rotem, J. 1994. The genus *Alternaria*: Biology, epidemiology, and pathogenicity. APS Press. St. Paul, Minnesota, USA. 324 p.
- Serdani, M., Kang, J.C., Andersen, B., and Crous, P. 2002. Characterisation of *Alternaria* species-groups associated with core rot of apples in South Africa. Mycological Research 106:561-569.

- Spotts, R.A. 1990. Moldy core and core rot. pp 29-30. In: Compendium of apple and pear diseases. A.L. Jones. H.B. Aldwinckle (eds.). APS Press. St. Paul Minnesota, USA. 100 p.
- Sprent, P., and Smeeton, N. C. 2001. Applied Nonparametric Statistical Methods. 3rd edit. Text in Statistical Science. Chapman & Hall. CRC. Boca Raton, Florida, USA. 461 p.
- Wilson, E.E., and Ogawa, J.E. 1979. Fungal, bacterial, and certain nonparasitic diseases of fruit and nut crops in California. Division of Agricultural Sciences. University of California. Berkley, California, USA. 181 p.