

Identificación y alternativas de manejo de la cenicilla del rosal

Identification and management alternatives of powdery mildew in rosebush

Daniel Domínguez Serrano*, **Rómulo García Velasco** y **Martha Elena Mora Herrera**, Centro Universitario Tenancingo, Universidad Autónoma del Estado de México, km 1.5 Carr. Tenancingo-Villa Guerrero, Tenancingo, Edo. México, CP 52400, México; **Martha Lidya Salgado Siclan**, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Edo. México, CP 50200, México.
*Correspondencia: danusso10@hotmail.com

Recibido: 7 de Septiembre, 2015.

Aceptado: 16 de Noviembre, 2015.

Domínguez-Serrano D, García-Velasco R, Mora-Herrera ME y Salgado-Siclan ML. 2016. Identificación y alternativas de manejo de la cenicilla del rosal. Revista Mexicana de Fitopatología 34: 22-42.

DOI: [10.18781/R.MEX.FIT.1509-1](https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1509-1)

Primera Publicación DOI: 26 de Noviembre, 2025

First DOI published: November 26, 2015.

Resumen. La cenicilla del rosal causada por *Podosphaera pannosa* afecta todas las partes aéreas de la planta, lo que repercute en su calidad como principal componente de la pérdida económica. En el presente trabajo, se confirmó la identidad del agente causal de la cenicilla en rosa y se evaluó el efecto del fosfito de potasio (K_3PO_3), silicio, quitosano y acetato de dodemorf sobre la incidencia y severidad de la enfermedad, así como, su respuesta en la calidad de tallos florales. Se realizaron dos ensayos (febrero-abril y mayo-julio). Las características morfométricas y moleculares del agente causal de la cenicilla correspondieron a *Podosphaera pannosa*. El K_3PO_3 , silicio y quitosano redujeron

Abstract. Rose powdery mildew caused by *Podosphaera pannosa* affects all aerial parts of the plant, which affects their quality as a major component of economic loss. In this work, the causal agent of powdery mildew of rose was identity and confirmed, the effect of potassium phosphite (K_3PO_3), silicon, chitosan and dodemorph acetate on the incidence and severity of the disease was evaluated, as well as their response in the quality of flower stalks. Two trials (February to April and from May to July) were performed. The morphometric and molecular characteristics of the causal agent corresponded to *Podosphaera pannosa*. The K_3PO_3 , silicon and chitosan they reduced incidence and severity compared to the control for both assays, however, only the K_3PO_3 and silicon, exhibited a control similar to provided by the fungicide dodemorph acetate. The treatment with chitosan increased the length and diameter of the stem and flower bud in contrast to K_3PO_3 and silicon, but was not significant to the control in both tests. Based on the results, the K_3PO_3 , silicon and

la incidencia y severidad con respecto al testigo para ambos ensayos; sin embargo, solo el K_3PO_3 y silicio manifestaron un control similar al proporcionado por el fungicida acetato de dodemorf. El tratamiento con quitosano incrementó la longitud y diámetro del tallo y del botón floral en relación con K_3PO_3 y silicio, pero no fue diferente del testigo en ambos ensayos. Con base a los resultados obtenidos, el K_3PO_3 , silicio y quitosano pueden ser alternativas en el manejo de la cenicilla del rosal bajo condiciones de invernadero.

Palabras clave: *Podosphaera pannosa*, *Rosa* spp., severidad, incidencia, inductores.

La *Rosa* spp., es una de las especies ornamentales de mayor importancia económica a nivel mundial (Debener y Linde, 2009) con una producción anual estimada de 18 billones de tallos cortados, 60-80 millones de rosas en maceta y 220 millones de rosas para jardín (Pemberton *et al.*, 2003). No obstante, es susceptible a un gran número de enfermedades (Horst y Cloyd, 2007) como la cenicilla causada por *Podosphaera pannosa* (Wallr.: Fr) de Bary, una de las enfermedades más destructivas que se presenta tanto en rosas cultivadas al aire libre como en invernadero (Leus *et al.*, 2006; Suthaparan *et al.*, 2012). El hongo puede infectar todas las partes aéreas de la planta y bajo condiciones favorables provoca la distorsión de hojas y defoliación prematura (Shetty *et al.*, 2012), lo que ocasiona pérdidas económicas significativas en la productividad, calidad y por ende en la comercialización (Suthaparan *et al.*, 2010).

El control de *P. pannosa* se basa principalmente en la aspersión de fungicidas a intervalos de 7-14 días (Debener y Byrne, 2014). Aplicaciones continuas de estos químicos incrementan los costos de producción y pueden generar selección de poblaciones resistentes de *P. pannosa* (Daughtrey y Ben-

chitosan are alternatives for the rosebush powdery mildew management under greenhouse conditions.

Keywords: *Podosphaera pannosa*, *Rosa* spp., severity, incidence, inductors.

The *Rosa* spp. is one of the ornamental species of the highest economic importance worldwide (Debener and Linde, 2009) with a yearly production estimated in 18 trillion stems cut, 60-80 million roses in pots, and 220 million garden roses (Pemberton *et al.*, 2003). However, it is vulnerable to a large number of diseases (Horst and Cloyd, 2007) such as powdery mildew, caused by *Podosphaera pannosa* (Wallr.: Fr) de Bary, one of the most destructive diseases for roses grown in the open air and greenhouses (Leus *et al.*, 2006; Suthaparan *et al.*, 2012). The fungus can infect all the aerial parts of the plant, and under favorable conditions, causes the distortion of leaves and premature defoliation (Shetty *et al.*, 2012), which causes significant economic losses in the productivity, quality, and therefore, in marketing (Suthaparan *et al.*, 2010).

The control of *P. pannosa* is based mainly on the spraying of fungicides at intervals of 7-14 days (Debener and Byrne, 2014). Continuously applying these chemicals increase production costs and may bring about selections of resistant *P. pannosa* populations (Daughtrey and Benson, 2005); also, the need to minimize the use of fungicides leads to search for control alternatives such as the use of defense inducers. Such is the case of silicon, that has proven to have potential to improve the structural and biochemical potential for resistance to diseases such as powdery mildew in different crops such as cucumbers (Liang *et al.*, 2005), strawberries and grapes (Botta *et al.*, 2011), as well as in pot roses (Shetty *et al.*, 2012). Likewise, phosphites are capable of controlling diseases in diverse crops,

son, 2005); además la necesidad de minimizar el uso de fungicidas conduce a la búsqueda de alternativas de control como el uso de inductores de defensa; tal es el caso del silicio, que ha mostrado su potencial para mejorar los componentes estructurales y bioquímicos de resistencia a enfermedades como la cenicilla en diferentes cultivos como pepino (Liang *et al.*, 2005), fresa y uva (Botta *et al.*, 2011) y en rosas para maceta (Shetty *et al.*, 2012). Así mismo, los fosfitos tienen la capacidad de controlar enfermedades en diversos cultivos, actuando directamente sobre el patógeno e indirectamente mediante la estimulación de respuestas de defensa del hospedante (Deliopoulos *et al.*, 2010); al respecto, se reportó que el fosfito de potasio induce resistencia en el cultivo de papa a *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary (Machinandiarena *et al.*, 2012) y reduce significativamente la incidencia y severidad de *Oidium* sp. en pepino (*Cucumis sativus* L.) (Yañez *et al.*, 2012), en plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.) tuvo un efecto antifúngico inhibiendo la germinación de conidios de *Verticillium dahliae* Kleb. (Ribeiro *et al.*, 2006). Otra molécula inductora es el quitosano, un derivado de la desacetilación de la quitina, considerado como un biopolímero eficaz en la prevención de enfermedades fúngicas, al interferir directamente sobre el crecimiento de los hongos o mediante la activación de defensas en las plantas (Iriti *et al.*, 2011). Borkowski y Szwonek (2004), reportan que el quitosano presenta una alta efectividad en el control de la cenicilla del tomate (*Oidium lycopersicum* Cooke & Masee), y cuando se aplica sobre follaje de cebada (*Hordeum vulgare* L.), induce resistencia contra *Blumeria graminis* (DC.) Speer. f. sp. *hordei* (Faoro *et al.*, 2008). Por su parte, Moret *et al.* (2009) reportan que la aplicación de quitosano a concentraciones de 1 y 2.5 % reducen la severidad de *Sphaerotheca fuliginea* Schlecht ex Fr. Poll. y *Erysiphe*

acting directly upon the pathogen, and indirectly, by the stimulation of defense responses from the host (Deliopoulos *et al.*, 2010); in this regard, potassium phosphite was reported to induce resistance in potato to *Phytophthora infestans* (Mont) from Bary (Machinandiarena *et al.*, 2012) and significantly reduces the incidence and severity of *Oidium* sp. In cucumber (*Cucumis sativus* L.) (Yañez *et al.*, 2012), in cocoa plantlets (*Theobroma cacao* L.), it had an antifungal effect, inhibiting the germination of *Verticillium dahliae* Kleb. (Ribeiro *et al.*, 2006) conidia. Another inducing molecule is chitosan, a derivative of the deacetylation of chitin, considered an efficient biopolymer in the prevention of fungal diseases, since it interferes directly on fungal growth or by activating defenses in plants (Iriti *et al.*, 2011). Borkowski and Szwonek (2004) report that chitosan displays high levels of effectiveness in the control of powdery mildew in tomato plants, (*Oidium lycopersicum* Cooke & Masee), and when applied on the leaves of barley (*Hordeum vulgare* L.), it induces resistance against *Blumeria graminis* (DC.) Speer. f. sp. *hordei* (Faoro *et al.*, 2008). On the other hand, Moret *et al.* (2009) report that applying chitosan at concentrations of 1 and 2.5 % reduces the severity of *Sphaerotheca fuliginea* Schlecht ex Fr. Poll. and *Erysiphe cichoracearum* DC. ex Merat in cucumber (*Cucumis sativus* L.).

Despite these compounds showing potential in disease control, the information of these products in treating powdery mildew in ornamental plants, and particularly in rose crops, is limited. Therefore, the aims of this study were to verify the morphometric and molecular identity of the rosebush powdery mildew, evaluate the effect of silicon, potassium phosphite, chitosan and dodemorph acetate on the incidence and severity of the pathogen under study, and quantify its effect on the length and diameter of the stem and floral bud.

cichoracearum DC. ex Merat en pepino (*Cucumis sativus* L.).

A pesar de que estos compuestos han mostrado potencial en el control de enfermedades, la información de estos productos en el manejo de la cenicilla en plantas ornamentales, y especialmente sobre el cultivo de rosa, es limitada. Por lo que los objetivos de este estudio fueron verificar la identidad morfológica y molecular del agente causal de la cenicilla del rosal, evaluar el efecto del silicio, fosfito de potasio, quitosano y acetato de dodemorf sobre la incidencia y severidad del patógeno en estudio y cuantificar su efecto en la longitud y diámetro del tallo y botón floral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización morfológica. En abril de 2014 se colectaron en invernadero, hojas jóvenes de plantas de rosa var. Samourai® con síntomas y signos de cenicilla en el municipio de Tenancingo, México. Estructuras de la reproducción asexual como hifas, conidióforos y conidios, fueron desprendidos de la superficie de hojas jóvenes y con ellas se realizaron preparaciones permanentes y temporales con cinta Scotch en agua destilada e hidróxido de potasio al 3 % (Braun and Cook, 2012), en estas se observaron y midieron en el microscopio compuesto (marca Carl Zeiss®) con el objetivo de 40X, las características morfológicas de 30 repeticiones para cada estructura: diámetro del micelio, tamaño y forma de los conidios, presencia de cuerpos de fibrosina en conidios, características del conidióforo (tamaño y forma del pie de la célula, posición del septo basal), forma de los apresorios sobre las hifas y la posición de los tubos germinativos conidiales, siguiendo la clave taxonómica de Braun y Cook (2012). Para la observación de los tubos germinativos conidiales se inocularon catáfilas de cebolla con conidios del

MATERIALS AND METHODS

Morphometric Characterization. In April 2014 young Samourai® variety rose leaves with symptoms and signs of powdery mildew were gathered in a greenhouse in the municipality of Tenancingo, Mexico. Structures of asexual reproduction such as hyphae, conidiophores, and conidia were detached from the surfaces of young leaves, and they were used for permanent and temporary preparations with Scotch tape in distilled water and potassium hydroxide at 3 % (Braun and Cook, 2012). In these, observations and measurements were taken in the compound microscope (Carl Zeiss®), using a 40X lens, of the morphometric characteristics of the 30 repetitions for each structure: diameter of the mycelium, size and shape of conidia, presence of fibrin bodies in conidia, characteristics of the conidiophore (size and shape of the cell base, position of the basal septum), shape of the appresoria on the hyphae and the position of the conidial germ tubes, following the taxonomical key by Braun and Cook (2012). For the observation of the conidial germ tubes, onion cataphylls were inoculated with fungal conidia (To-anun *et al.*, 2005).

Scanning Electron Microscopy (SEM). Sections of young leaves (0.5 cm²) from a rosebush with signs of powdery mildew were fixed in glutaraldehyde at 3 % for 24 h, and were later washed with Sorensen's phosphate buffer (0.2 M). The samples were dehydrated by sinking them in ethanol at gradual concentrations (30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 %) for 40 min each, and at 100 % three times for 20 min. Next, they were dried with CO₂ in a Samdri-780A® critical point dryer for 40 min, placed on a copper specimen rack and coated in gold in a JFC-1100® ionizer for 1 min. Finally, the

hongo (To-anun *et al.*, 2005).

Microscopia electrónica de barrido (MEB).

Fragmentos de hojas jóvenes (0.5 cm²) de rosa con signos de cenicilla se fijaron en glutaraldehído al 3 % durante 24 h, posteriormente se lavaron con buffer de fosfato Sorensen's (0.2 M). Las muestras se deshidrataron mediante la inmersión en etanol a concentraciones graduales (30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 %) por 40 min cada uno y al 100 % tres veces por 20 min. Posteriormente se secaron con CO₂ en un desecador de punto crítico Samdri-780A[®] por 40 min, se montaron en portamuestras de cobre y se recubrieron con oro en una ionizadora JFC-1100[®] por 1 min. Finalmente, las preparaciones se observaron y fotografiaron en un microscopio electrónico de barrido JEOL[®] JSM-6390.

Caracterización molecular. La extracción de ADN se realizó a partir de hojas con signos del hongo, mediante el kit de extracción Plant DNAzol Reagent[®] (Invitrogen[™]) de acuerdo al protocolo descrito por el fabricante, con modificaciones para evitar el efecto de fenoles, por lo que se realizaron cinco lavados con 300 µL de etanol al 75 %. La integridad del ADN se observó en un gel de agarosa (Ultrapure[™]) al 1 %, las bandas de ADN se visualizaron en un transiluminador Syngene[®] modelo GVM20, la calidad y la concentración se determinaron en un biofotómetro Eppendorff[®] modelo D-5000-3000. El ADN obtenido se resuspendió en 50 µL de agua grado biología molecular y se almacenó a -20 °C para su uso posterior.

Reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Para la prueba de PCR se utilizaron los primers ITS1F (5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3') (Gardes y Bruns, 1993) e ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') (White *et al.*, 1990). Las reacciones de PCR se realizaron en un volumen

preparaciones were observed and photographed in a JEOL[®] JSM-6390 scanning electron microscope.

Molecular Characterization. DNA was extracted from leaves with signs of having the fungus, using the Plant DNAzol Reagent[®] (Invitrogen[™]) extraction kit, according to the protocol described by the manufacturer, with modifications to avoid the effect of phenols; for this reason, five washings were carried out with 300 µL of ethanol at 75 %. DNA integrity was observed in an agarose gel (Ultrapure[™]) at 1 %, the DNA strands were seen in a Syngene[®] GVM20 transiluminador, quality and concentration were determined using an Eppendorff[®] D-5000-3000 biophotometer. The DNA obtained was resuspended in 50 µL of molecular biology degree water and stored at -20 °C to be used later.

Polymerase Chain Reaction (PCR).

For the PCR test, primers ITS1F (5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3') (Gardes and Bruns, 1993) and ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') were used (White *et al.*, 1990). The PCR reactions were carried out in a final volume of 20 µL de la mezcla: 6.60 µL de agua estéril desionizada (Gibco[®]), 10 µL of 2X Phire Plant PCR Buffer (includes 200 µM of every dNTP and 1.5 mM of MgCl₂), 1 µL of each ITS1F and ITS4 primer at 10 µmol, 1 µL of ADN, 0.4 µL of DNA Polymerase (Phire[®] Hot Start II). Amplification was carried out in an MJ Research Thermal[®] PTC-100 thermocycler, according to the procedure described by Leus *et al.* (2006). The product of the amplification was verified by electrophoresis at 90 V for 30 min in agarose gel at 1 % and stained with 1 µL of ethidium bromide, visualization was carried out in a Syngene[®] GVM20 transilluminator. The DNA was purified using the DNA Clean & Concentrator

final de 20 µL de la mezcla: 6.60 µL de agua estéril desionizada (Gibco®), 10 µL de 2X Phire Plant PCR Buffer (incluye 200 µM de cada dNTP y 1.5 mM de MgCl₂), 1 µL de cada primer ITS1F e ITS4 a 10 pmol, 1 µL de ADN, 0.4 µL de DNA Polimerasa (Phire® Hot Start II). La amplificación se realizó en un termociclador MJ Research Thermal®, modelo PTC-100, de acuerdo al procedimiento descrito por Leus *et al.* (2006). El producto de la amplificación se verificó mediante electroforesis a 90 V por 30 min en gel de agarosa al 1 % y tinción con 1 µL de bromuro de etidio, la visualización se realizó en un transiluminador Syngene®, modelo GVM20. El ADN se purificó con el kit comercial DNA Clean & Concentrator™-5 (Zymo Research®). Posteriormente, los fragmentos amplificados mediante la PCR fueron secuenciados en ambas direcciones en un analizador genético ABI Prism 3130XL. La secuencia obtenida fue alineada en la base de datos del National Center for Biotechnology Information. La secuencia se depositó en la base del GenBank. Un cladograma se obtuvo utilizando el método Neighbor-Joining con el programa Mega 6.0.

Experimentos en invernadero. En plantas de rosa var. Samourai®, cultivadas bajo condiciones de invernadero se realizaron dos ensayos: el primero en los meses de febrero-abril y el segundo de mayo-julio de 2014, ambos se condujeron bajo un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, se utilizaron 20 unidades experimentales; cada unidad experimental consistió de una parcela de 2.70 m de largo por 1 m de ancho con 27 plantas de rosa distribuidas en hilera. Mediante una poda se estimuló la producción de brotes de forma homogénea, sobre los cuales se evaluaron los tratamientos.

Tratamientos. Estos fueron: fosfito de potasio, quitosano, silicio como inductores de resisten-

™-5 (Zymo Research®) commercial kit. Later, the fragments amplified using the PCR were sequenced in both directions in an ABI Prism 3130XL genetic analyzer. The sequence obtained was aligned in the National Center for Biotechnology Information database. The sequence was deposited in the base of the GenBank. A cladogram was taken using the Neighbor-Joining method with the program Mega 6.0.

Experiments in Greenhouses. In Samourai® variety rose bushes planted in greenhouse conditions, two trials were carried out: the first, in the months of February-April, and the second, from May-July 2014; both were carried out under a randomized block design with five treatments and four repetitions, and 20 experimental units were used. Each experimental unit consisted of a plot of land 2.70 m long by 1 m wide, and contained 27 rose bushes distributed in rows. By trimming the bushes, a homogenous production of sprouts was stimulated, on which the treatments were evaluated.

Treatments. These were potassium phosphite, chitosan, silicon as resistance inductors; the fungicide dodemorph acetate and a control (distilled water) (Table 1). Treatments were assigned at random to each experimental unit; its application began eight days after trimming, and afterwards, at weekly intervals until reaching cutting point. Application was carried out using a motorized spray pump (Maruyama, MS072H) with a fan-shaped nozzle, during the early hours of the morning, covering the entire foliage (usage of 0.5 L per plot).

Variables. Ten stems were chosen at random in each experimental unit for the evaluation of the incidence and severity of the disease, length and diameter of the stem and floral bud.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en plantas de rosa var. Samourai® para el manejo de *Podosphaera pannosa*.
Table 1. Treatments evaluated in rose bushes var. Samourai® for handling *Podosphaera pannosa*.

Tratamiento	Nombre comercial	Concentración	^x mL L ⁻¹
Testigo	Agua destilada	-----	---
Fosfito de potasio	Nutriphite magnum®	2 % N, 40 % P ₂ O ₅ , 16 % K ₂ O	2
Quitosano	Biorend®	2.5 % poly-d-glucosamina	2.5
Silicio	Armurox®	2 % complejo de péptidos con silicio soluble	3
Acetato de dodemorf	Meltatox®	400 g i.a L ⁻¹ de dodemorf	2

^xDosis recomendadas por el fabricante / ^xDose recommended by the manufacturer.

cia; el fungicida acetato de dodemorf y un testigo (agua destilada) (Cuadro 1). Los tratamientos se asignaron al azar a cada unidad experimental, su aplicación inicio ocho días después de la poda, y posteriormente a intervalos semanales hasta llegar al punto de corte. La aplicación se realizó con una bomba de aspersión motorizada (Maruyama, MS072H) con boquilla de abanico, durante las primeras horas de la mañana, realizando una cobertura total del follaje (gasto 0.5 L por parcela).

Variabes. Se seleccionaron 10 tallos al azar por unidad experimental para la evaluación de la incidencia y severidad de la enfermedad, longitud y diámetro del tallo y botón floral

Evaluación de incidencia y severidad de *P. pannosa*.

Para favorecer el desarrollo natural de la cenicilla durante el experimento se incrementó la temperatura (25-33 °C) durante el día y la humedad relativa por la noche (70-90 %) mediante el manejo de las ventilas del invernadero. La incidencia y severidad se evaluaron inmediatamente después de la aparición de los síntomas y signos, evaluaciones posteriores se realizaron semanalmente. El porcentaje de incidencia se calculó contabilizando el número de tallos con síntomas y signos con relación a los 10 tallos evaluados por unidad experimental.

Evaluation of Incidence and Severity of *P. pannosa*.

To enhance the natural growth of the mildew during the experiment, the temperature was raised (25-33 °C) during the day, and relative humidity by night (70-90 %) using the vents in the greenhouse. Incidence and severity were evaluated immediately after the appearance of signs and symptoms. Later evaluations were performed on a weekly basis. The percentage of incidence was calculated by counting the number of stems with symptoms and signs in relation to the 10 stems evaluated for each experimental unit.

The severity of the disease was determined using the Horsfall and Barratt scale (1945), with the classes: 0= No symptoms, 1=1-2.5 %, 2=2.6-5 %, 3=6-10 %, 4=11-25 %, 5=26-50 %, 6=51-75 %, and 7=76-100 % of the surface of the leaf damaged. The values were converted to percentages of severity using the Townsend and Heuberger equation:

$$P = \frac{\sum(n * v)}{(N * i)} * 100$$

Where: *P*= percentage of damage; *n*= total number of leaves for each class on the scale; *v*= respective degree of the scale; *N*= total number of leaves evaluated; and *i*= highest degree of the scale.

La severidad de la enfermedad se determinó mediante la escala de Horsfall y Barratt (1945), con las clases: 0= No síntomas, 1=1-2.5 %, 2=2.6-5 %, 3=6-10 %, 4=11-25 %, 5=26-50 %, 6=51-75 % y 7=76-100 % de la superficie dañada de la hoja. Los valores se transformaron a porcentaje de severidad mediante la ecuación de Townsend y Heuberger:

$$P = \frac{\sum(n * v)}{(N * i)} * 100$$

Donde: P = porcentaje de daño; n = número de hojas por cada clase en la escala; v = grado respectivo de la escala; N = número total de hojas evaluadas y i = mayor grado de la escala.

Los datos de incidencia y severidad se transformaron a área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), aplicando el método de integración trapezoidal (Campbell y Madden, 1990), partiendo directamente de los porcentajes de los tallos y hojas enfermas en cada fecha de evaluación.

Evaluación de longitud y diámetro de tallo y de botón floral. Al término del experimento se midió la longitud del tallo (cm), desde la base hasta el ápice del mismo. El diámetro se determinó con un vernier digital CALDI-6MP mediante la toma de la lectura a un centímetro por arriba de la base del tallo. La longitud y diámetro del botón floral se midieron en punto de corte con vernier digital.

Análisis de datos. Los datos de las variables fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$ %) mediante el programa estadístico InfoStat, versión estudiantil 2015.

RESULTADOS

Incidence and severity data were converted into Area under the disease progress curve (AUDPC), applying trapezoidal integration method (Campbell and Madden, 1990), starting directly from the percentages of the diseased stems and leaves in each evaluation dates.

Evaluation of Length and Diameter of Stem and Floral Bud. At the end of the experiment, the length of the stem was measured (cm), from the base to the apex. The diameter was determined using a CALDI-6MP digital caliper, taking the reading one centimeter above the base of the stem. The length and diameter of the floral bud were measured in the cutting point using a digital caliper.

Data Analysis. Data of the variables underwent a variance analysis and a Tukey comparison of averages ($\alpha=0.05$ %) using the statistical program InfoStat, student version 2015.

RESULTS

Characterization of Symptoms. The symptoms were characterized by the sporadic development of reddish to purple stains on the underside of the leaves. In the second trial, the leaves were completely colonized by the signs of the pathogen, which caused the leaflets to become deformed into a curved and/or twisted shape (Figure 1A). Some stems and peduncles showed signs of the disease (Figure 1B).

Morphometric Characterization. The causative agent of the disease characteristically produced mycelia, superficial and hyaline, 3-8 μm in diameter; almost indistinguishable appresoria as protuberances; erect conidiophores up to 115 μm long emerging from the surface of the hyphal mother cells, centrally or not; straight basal cells,

Caracterización de síntomas. Los síntomas se caracterizaron por el desarrollo esporádico de manchas de color rojizo a púrpura en el envés de las hojas; en el segundo ensayo las hojas fueron colonizadas totalmente por los signos del patógeno, lo que provocó la deformación de folíolos presentando una apariencia curvada y/o retorcida (Figura 1A). Algunos tallos y pedúnculos presentaron los signos de la enfermedad (Figura 1B).

Caracterización morfométrica. El agente causal de la enfermedad se caracterizó por producir micelio, superficial y hialino, de 3-8 μm de diámetro; apresorios casi indistintos como protuberancias; conidióforos erectos, de hasta 115 μm de largo, surgiendo de la superficie de las células madres hifales, central o no centralmente; células basales rectas, subcilíndricas, de 31-88 x 7-11 μm , seguidas por 1-2 células basales cortas, formando conidios catenescentes, elipsoidales a doliformes, de 20-35 x 11-18.7 μm con cuerpos de fibrosina; tubos germinativos \pm terminales a laterales, de 3.75-4 μm de ancho, del tipo *Fibroidium*, subtipo *Orthotubus* (Figura 1C-1F). De acuerdo a lo anterior, las características corresponden a *P. pannosa*.

Microscopía electrónica de barrido (MEB). La superficie de la pared de los conidios de *P. pannosa* fue lisa (Figura 2A), presentando en algunas ocasiones ondulaciones finas; en la parte terminal de los mismos, la cual representa la ubicación del septo que separa a los conidios cuando forman cadenas, se observaron anillos concéntricos tenues (Figura 2B y 2C). En conidios parcialmente colapsados, la pared externa presentó un arrugamiento que dio origen a líneas sinuosas longitudinales y transversales (Figura 2D).

Caracterización molecular. Mediante la amplificación por PCR con los primers ITS1F e ITS4,

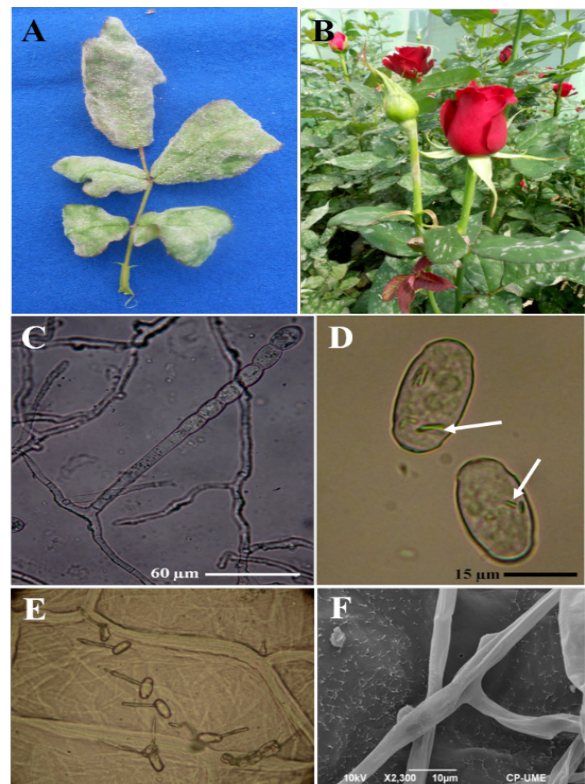


Figura 1. A). Deformación de folíolos causados por *P. pannosa* en rosa var. Samourai®. B). Hojas y pedúnculo con signos del hongo. C). Conidióforo emergiendo de la célula madre de la hifa con catenulación de conidios. D). Conidios elipsoidales a doliformes con cuerpos de fibrosina. E). Patrón de germinación conidial sobre catáfylls de cebolla. F). Apresorios casi indistinguibles como protuberancias sobre las hifas.

Figure 1. A). Deformation of leaflets caused by *P. pannosa* Samourai® var. rose bushes. B). Leaves and peduncle with signs of the fungus. C). Conidiophore emerging from the mother cell of the hyphae with a catenulation of conidia. D). Elipsoidal to doliformed Conidia with fibrin bodies. E). Conidial germination patterns on onion cataphylls. F). Almost indistinguishable appressoria as protuberances on the hyphae.

subcylindrical, 31-88 x 7-11 μm , followed by 1-2 short basal cells, forming catenescent conidia, elipsoidal to doliform, 20-35 x 11-18.7 μm with fibrin bodies; germ tubes \pm terminal to lateral, 3.75-4 μm wide, of the type *Fibroidium*, subtype

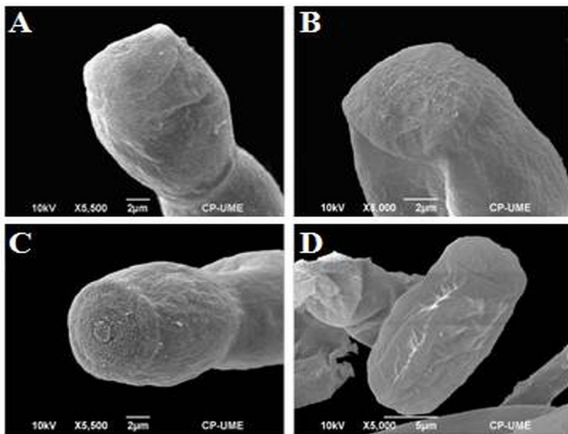


Figura 2. Morfología de conidios de *P. pannosa*. Microscopía electrónica de barrido. A). Pared lisa del conidio, B y C). Parte terminal del mismo con anillos concéntricos tenues, D). Conidio parcialmente colapsado con ondulaciones longitudinales y transversales.

Figure 2. Morphology of *P. Pannosa* conidia. Scanning electron microscopy. A). Smooth wall of conidium, B and C). Terminal part of the conidium with thin concentric rings, D). Conidium partially collapsed with longitudinal and transversal undulations.

se obtuvo una secuencia de nucleótidos de 574 pb. Al comparar la secuencia de nucleótidos de este estudio (Número de depósito KP902716), con las depositadas en el GenBank, el análisis BLAST mostró un 100 % de identidad con las accesiones AB525939 (*P. pannosa* en *Rosa multiflora*), AB022348 (*P. pannosa* en *Rosa* sp.), DQ139410 (*P. pannosa* en *Rosa* sp.) y KF753690 (*P. pannosa* en *Rosa* sp.) y 99 % con las accesiones AF011323 (*P. pannosa* en *Rosa* sp.), AF298543 (*P. pannosa* en *Rosa* sp.), AB525938 (*P. pannosa* en *Rosa rubiginosa*), HQ852205 (*P. pannosa* en *Rosa rugosa*) y KM001668 (*P. pannosa* en *Rosa* sp.) (Figura 3).

Evaluación de incidencia y severidad de *P. pannosa*. El ABCPE de la incidencia varió significativamente ($P>0.05$) entre los diferentes tratamientos. En el primer ensayo, las plantas tratadas con quitosano, silicio y fosfito de potasio presentaron

Orthotubus (Figura 1C-1F). According to this, characteristics correspond to *P. pannosa*.

Scanning Electron Microscopy (SEM). The surface of the wall of the *P. pannosa* conidia was smooth (Figure 2A), with occasional fine waviness; in the terminal section of these, which represents the location of the septum that separates the conidia when they form chains, slight concentric rings were observed (Figure 2B and 2C). In partially collapsed conidia, the external wall presented wrinkling that produced sinuous longitudinal and transversal lines (Figure 2D).

Molecular Characterization. By amplification by PCR with the primers ITS1F and ITS4, a sequence of nucleotides was obtained of 574 pb. When comparing the sequence of nucleotides in this study (Deposit number KP902716), with those deposited in the GenBank, the BLAST analysis showed a 100 % of identification with accessions AB525939 (*P. pannosa* in *Rosa multiflora*), AB022348 (*P. pannosa* in *Rosa* sp.), DQ139410 (*P. pannosa* in *Rosa* sp.), and KF753690 (*P. pannosa* in *Rosa* sp.), and 99 % with accessions AF011323 (*P. pannosa* in *Rosa* sp.), AF298543 (*P. pannosa* in *Rosa* sp.), AB525938 (*P. pannosa* in *Rosa rubiginosa*), HQ852205 (*P. pannosa* in *Rosa rugosa*), and KM001668 (*P. pannosa* in *Rosa* sp.) (Figure 3).

Evaluation of Incidence and Severity of *P. pannosa*. The AUDPC of incidence varied significantly ($P>0.05$) between different treatments. In the first trial, the plants treated with chitosan, silicon, and potassium phosphite presented low incidence rates, significantly different to the control. For the second trial, only plants treated with silicon and potassium phosphite were significantly different ($P>0.05$) to the control. The best treatment to reduce the incidence of the

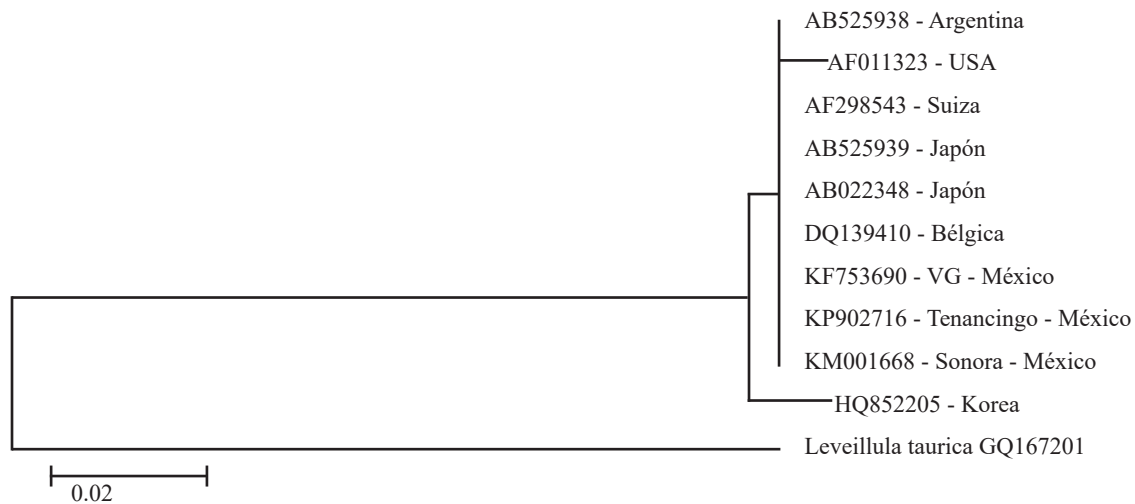


Figura 3. Cladograma de *Podosphaera pannosa*. *Leveillula taurica* fue la raíz. VG= Villa Guerrero, México.
Figure 3. Cladogram for *Podosphaera pannosa*. *Leveillula taurica* was the root. VG= Villa Guerrero, Mexico.

índices bajos de incidencia significativamente diferentes respecto al testigo. Para el segundo ensayo, únicamente las plantas tratadas con silicio y fosfito de potasio fueron significativamente diferentes ($P>0.05$) al testigo. El mejor tratamiento para reducir la incidencia de la enfermedad fue el acetato de dodemorf el cual presentó un ABCPE de 70.0 y 1400.0 para el primer y segundo ensayo, respectivamente (Cuadro 2).

En lo que se refiere a la severidad, las plantas tratadas con quitosano, fosfito de potasio y silicio; mostraron una reducción del 60.3, 83.7 y 93.5 % respectivamente, en el primer ensayo y 63.1, 77.2 y 73.9 % en el segundo ensayo, esto comparando con el testigo (Cuadro 2). En ambos ensayos, las plantas tratadas con silicio y fosfito de potasio fueron estadísticamente iguales ($P>0.05$) con el fungicida acetato de dodemorf, quien presentó la menor severidad.

Evaluación de la longitud y diámetro del tallo y

disease was dodemorph acetate, which presented a AUDPC of 70.0 and 1400.0 for the first and second trials, respectively (Table 2).

In terms of severity, plants treated with chitosan, potassium phosphite, and silicon displayed a reduction of 60.3, 83.7, and 93.5 % respectively in the first trial, and 63.1, 77.2, and 73.9 % in the second, in comparison to the control (Table 2). In both trials, the plants treated with silicon and potassium phosphite were statistically equal ($P>0.05$) with the fungicide dodemorph acetate, which displayed the least severity.

Evaluation of the Length and Diameter of the

Stem and Floral Bud. The treatment with chitosan showed an increase in stem length of 9.4 % and 20.1 % in the first and second trials, respectively, contrasting with the potassium phosphite, which induced the shortest length, with 66.7 and 64.7 cm for the first and second trials, respectively. However, the treatment with chitosan was not significantly different to the control (Table 3). In

Cuadro 2. Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) para la incidencia y severidad de la cenicienta (*P. pannosa*) en el cultivo de rosa.

Table 2. Area under the disease progress curve (AUDPC) for the incidence and severity of powdery mildew (*P. pannosa*) in rose plantations.

Tratamiento	Incidencia		Severidad	
	febrero-abril ^x	mayo-julio ^y	febrero-abril ^x	mayo-julio ^y
Testigo	3517.5 ^A	2450.0 ^A	1246.9 ^A	1522.5 ^A
Quitosano	2415.0 ^B	1977.5 ^{AB}	495.3 ^B	561.8 ^B
Fosfito de potasio	1207.5 ^C	1610.0 ^{BC}	203.0 ^{BC}	347.4 ^{BC}
Silicio	568.8 ^{CD}	1680.0 ^{BC}	81.4 ^C	398.1 ^{BC}
Acetato de dodemorf	70.0 ^D	1400.0 ^C	7.0 ^C	203.9 ^C

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes, Tukey ($P>0.05$), ^x Primer ensayo, ^y Segundo ensayo / Averages with a letter in common are not significantly different, Tukey ($P>0.05$), ^x First trial, ^y second trial.

botón floral. El tratamiento con quitosano mostró un incremento en la longitud de tallos de 9.4 % y 20.1 % en el primer y segundo ensayo respectivamente, contrastando con el fosfito de potasio, que indujo la menor longitud con 66.7 y 64.7 cm para el primer y segundo ensayo respectivamente. Sin embargo, el tratamiento con quitosano no fue significativamente diferente respecto al testigo (Cuadro 3). En lo que respecta al diámetro del tallo, con el testigo se obtuvo el mayor diámetro con 8.0 mm y fue estadísticamente diferente ($P>0.05$) al diámetro de las plantas tratadas con fosfito de potasio (7.3 mm) en el primer ensayo. Para el segundo ensayo, las plantas tratadas con fosfito de potasio y silicio

regard to the stem diameter, the control showed the greatest diameter, with 8.0 mm, and it was statistically different ($P>0.05$) to the diameter in plants treated with potassium phosphite (7.3 mm) in the first trial. For the second trial, plants treated with potassium phosphite and silicon displayed lower stem diameters with 6.4 mm, whereas the treatment with chitosan showed the greatest stem diameter with 7.8 mm and no significant differences ($P>0.05$) with the control (Table 3).

Regarding the length of the floral bud, potassium phosphite and silicon were significantly different ($P>0.05$) to the rest of the treatments and displayed the shortest bud length with 35.6 and 37.1 mm

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos en la longitud y diámetro de tallo floral en rosa variedad Samurai®.

Table 3. Effect of the treatments on the length and diameter of the stem of the Samurai® variety rose.

Tratamiento	Longitud de tallo		Diámetro de tallo	
	febrero-abril ^x	mayo-julio ^y	febrero-abril ^x	mayo-julio ^y
	cm		cm	
Testigo	76.1 ±1.7 ^A	80.4±2.0 ^A	8.0±0.2 ^A	7.7±0.2 ^A
Quitosano	73.7 ±1.5 ^A	81.1±1.4 ^A	8.0±0.2 ^A	7.8±0.1 ^A
Acetato de dodemorf	71.3±1.4 ^B	70.5±1.1 ^B	7.9±0.1 ^A	7.0±0.2 ^B
Silicio	67.0±1.3 ^C	66.1±1.3 ^{BC}	7.5±0.1 ^{AB}	6.4±0.1 ^C
Fosfito de potasio	66.7±1.6 ^C	64.7±1.2 ^C	7.3±0.1 ^B	6.4±0.1 ^C

Los resultados son el promedio de 10 plantas por tratamiento. ± Error estándar. Valores con una letra en común no son significativamente diferentes, Tukey ($P>0.05$). ^x Primer ensayo, ^y Segundo ensayo / Results are the average of 10 plants per treatment. ± Standard Error. Values with a letter in common are not significantly different, Tukey ($P>0.05$). ^x First trial, ^y second trial.

presentaron los menores diámetros del tallo con 6.4 mm, por otra parte, el tratamiento con quitosano mostró el mayor diámetro de tallo con 7.8 mm sin diferencias significativas ($P>0.05$) respecto al testigo (Cuadro 3).

Respecto a la longitud de botón floral, el fosfito de potasio y silicio fueron significativamente diferentes ($P>0.05$) con el resto de los tratamientos y presentaron la menor longitud de botón con 35.6 y 37.1 mm respectivamente, en el primer ensayo. Pero en el segundo ensayo, el quitosano mostró un incremento sobre la longitud del botón de hasta 29.5 %, con relación al fosfito de potasio que indujo la menor longitud de botón con 34.6 mm (Cuadro 4). El diámetro de botón floral, con el tratamiento de fosfito de potasio fue de 21.6 mm para el primer y 21.2 mm en el segundo ensayo, y fué estadísticamente significativo ($P>0.05$) con el quitosano que mostró diámetros de 27.8 y 26.5 mm para el primer y segundo ensayo respectivamente. Sin embargo, el quitosano no presentó diferencia estadística con el testigo en ambos ensayos (Cuadro 4).

DISCUSIÓN

respectively in the first trial. However, in the second trial, chitosan displayed an increase on bud length of up to 29.5 % in relation to the potassium phosphite, which induced the shortest bud length, with 34.6 mm (Table 4). The diameter of the floral bud, with the potassium phosphite treatment, was 21.6 mm in the first treatment and 21.2 mm in the second, and was statistically different ($P>0.05$) to the chitosan that showed diameters of 27.8 and 26.5 mm for the first and second trials, respectively. However, chitosan did not show any significant difference with the control in trials (Table 4).

DISCUSSION

Based on the results of this investigation *Podospaera pannosa* (Wallr. Fr.) de Bary was identified as the causing agent of the powdery mildew in roses; the morphometric characteristics were similar to those reported by Braun and Cook (2012). However, the number of basal cells observed in this study were 1-2 short cells, which is different to reports by Havrylenko (1995) and Félix-Gastélum *et al.* (2014). These differences may be due to diverse factors such as temperature

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos en la longitud y diámetro de botón floral en tallos florales de rosa variedad Samurai®.

Table 4. Effect of the treatments on the length and diameter of floral buds on stems of the Samurai® variety rose.

Tratamiento	Longitud de botón floral		Diámetro de botón floral	
	febrero-abril ^x	mayo-julio ^y	febrero-abril ^x	mayo-julio ^y
	mm		mm	
Testigo	45.2±0.6 ^A	44.0±0.6 ^A	27.2±0.6 ^A	26.2±0.4 ^A
Quitosano	45.2±0.5 ^A	44.8±0.7 ^A	27.8±0.3 ^A	26.5±0.5 ^A
Acetato de dodemorfol	44.8±0.8 ^A	40.9±0.7 ^B	26.5±0.3 ^A	25.2±0.3 ^{AB}
Silicio	37.1±0.7 ^B	39.6±0.9 ^B	23.4±0.5 ^B	23.9±0.5 ^B
Fosfito de potasio	35.6±1.3 ^B	34.6±0.7 ^C	21.6±0.8 ^B	21.2±0.5 ^C

Los resultados son el promedio de 10 plantas por tratamiento. ± Error estándar. Valores con una letra en común no son significativamente diferentes, Tukey ($P>0.05$). ^xPrimer ensayo, ^ySegundo ensayo / Results are the average of 10 plants per treatment. ± Standard Error. Values with a letter in common are not significantly different, Tukey ($P>0.05$). ^xFirst trial, ^ysecond trial.

En base a los resultados de la presente investigación se identificó a *Podosphaera pannosa* (Wallr. Fr.) de Bary como el agente causal de la cenicilla del rosal, las características morfológicas fueron similares a las reportadas por Braun y Cook (2012). Sin embargo, el número de células basales que se observaron en este estudio fueron de 1-2 células cortas, lo que difiere con lo reportado por Havrylenko (1995) y Félix-Gastélum *et al.* (2014). Las diferencias pueden deberse a diversos factores incluyendo la temperatura y humedad, el hospedero (variedad), edad de las hojas y el periodo de muestreo (Salmon, 1900). Los primers ITS1F e ITS4 amplificaron un producto de 574 pb que corresponde a *P. pannosa*; de manera similar, Félix-Gastélum *et al.* (2014) y Romberg *et al.* (2014) utilizaron los mismos primers para la identificación y detección de *P. pannosa* en el cultivo de *Rosa* spp. y *Catharanthus roseus* (L) G. Don, respectivamente. La comparación de la secuencia de nucleótidos obtenida (KP902716), con las depositadas en el GenBank, mostró una identidad del 99 al 100 % con accesiones de *P. pannosa* presentes en *Rosa* sp. en México, Bélgica, EE.UU., Japón y Suiza (Saenz y Taylor, 1999; Mori *et al.*, 2000; Cunnington *et al.*, 2003; Leus *et al.*, 2006; Félix-Gastélum *et al.*, 2014), en *Rosa multiflora* Thunberg ex Murray de Japón, *Rosa rubiginosa* L. de Argentina (Takamatsu *et al.*, 2010) y en *Rosa rugosa* Thunb. de Korea (Lee *et al.*, 2011).

Con la aplicación de los inductores silicio (Si), fosfito de potasio (K_3PO_3) y quitosano se obtuvo una reducción de la incidencia y severidad de la cenicilla en condiciones de invernadero; sin embargo, estos tratamientos no fueron efectivos como el fungicida acetato de dodemorf que mostró los valores más bajos de incidencia y severidad de la enfermedad en ambos ensayos. Su efecto se debe a que es un fungicida sistémico con absorción acropétala que actúa inhibiendo la síntesis del ergosterol y la

and humidity, the host (variety), age of the leaves, and the sampling period (Salmon, 1900). Primers ITS1F and ITS4 amplified a product of 574 pb, corresponding to *P. pannosa*; similarly, Félix-Gastélum *et al.* (2014) and Romberg *et al.* (2014) used the same primers to identify and detect *P. pannosa* in the *Rosa* spp. crop and *Catharanthus roseus* (L) G. Don crops, respectively. The comparison of the nucleotide sequence obtained (KP902716), with those deposited in the GenBank showed an identity of 99 to 100 % with *P. pannosa* accessions presents in *Rosa* sp. in Mexico, Belgium, the United States, Japan and Switzerland (Saenz and Taylor, 1999; Mori *et al.*, 2000; Cunnington *et al.*, 2003; Leus *et al.*, 2006; Félix-Gastélum *et al.*, 2014), in *Rosa multiflora* Thunberg ex Murray from Japan, *Rosa rubiginosa* L. from Argentina (Takamatsu *et al.*, 2010), and in *Rosa rugosa* Thunb. from Korea (Lee *et al.*, 2011).

With the application of the inducers silicon (Si), potassium phosphate (K_3PO_3) and chitosan, there was a reduction in the incidence and severity of powdery mildew under greenhouse conditions. However, these treatments were not as effective as the dodemorph acetate fungicide, which displayed the lowest values for incidence and severity of the disease in both trials. Its effect is due to it being a systemic fungicide with acropetal absorption that acts inhibiting the ergosterol and protein syntheses, affecting the permeability of the membrane (Brent and Hollomon, 2007). Likewise, Benyagoub and Bélanger (1995), report that applying dodemorph acetate affects the integrity of hyphae, resulting in the collapse of conidiophores and conidia. On the other hand, there are reports claiming that applying dodemorph acetate can generate toxicity in rose plants (Bélanger *et al.*, 1994), although in our results, the fungicide displayed an excellent control of the disease and caused no loss of vigor in plants.

síntesis de proteínas, afectando la permeabilidad de la membrana (Brent y Hollomon, 2007). Así mismo Benyagoub y Bélanger (1995), reportan que la aplicación de acetato de dodemorf afecta la integridad de las hifas, resultando en un colapso de conidióforos y conidios. Por otra parte, se reporta que la aplicación de acetato de dodemorf puede generar fitotoxicidad en plantas de rosa (Bélanger *et al.*, 1994), pero en nuestros resultados el fungicida mostró un excelente control de la enfermedad sin causar pérdida en el vigor de las plantas.

Dentro de los inductores, el tratamiento con Si a dosis de 3 mL L⁻¹ redujo significativamente la incidencia y severidad de *P. pannosa* y fue estadísticamente igual con el fungicida acetato de dodemorf. Al respecto, Shetty *et al.* (2012), reportaron que la aplicación de 3.6 mM de Si (100 ppm) suministrado en solución nutritiva, reduce la severidad de *P. pannosa* hasta un 48.9 % dependiendo del genotipo del hospedante, de igual forma Datnoff *et al.* (2006), demostraron que la aplicación de Si reduce significativamente la severidad de la cenicienta hasta en un 57 % en rosas de maceta. Estos reportes sugieren que la aplicación de Si desempeña un papel importante en la supresión de la cenicienta del rosal, lo cual puede ser explicado por un incremento en la concentración de compuestos fenólicos antimicrobianos y flavonoides en respuesta a la infección por *P. pannosa* (Shetty *et al.*, 2011).

También se ha demostrado que la aplicación de Si tiene efectos benéficos sobre el crecimiento y calidad de las rosas (Hwang *et al.*, 2005; Reezi *et al.*, 2009). Sin embargo, en el presente estudio, la aplicación de Si indujo una reducción sobre la longitud y diámetro de los tallos y del botón floral, en relación con el testigo, lo cual puede estar relacionado con la dosis de aplicación, tal como lo reportan Reezi *et al.* (2009), quienes observaron que a dosis altas de Si (150 ppm), hubo notable reducción sobre la longitud y diámetro de tallos en rosa.

Within the inductors, the treatment with Si at doses of 3 mL L⁻¹ reduced significantly the incidence and severity of *P. pannosa* and was statistically equal to the dodemorph acetate fungicide. Regarding this, Shetty *et al.* (2012) reported that applying 3.6 mM of Si (100 ppm) in a nutrient solution reduces the severity of *P. pannosa* in up to 48.9 %, depending on the genotype of the host, as Datnoff *et al.* (2006), demonstrated that applying Si reduces the severity of powdery mildew significantly, in up to 57 % in roses in pots. These reports suggest that the application of Si plays an important part in suppressing powdery mildew in rose bushes, which could be explained by an increase in the concentration of antimicrobial phenolic compounds and flavonoids in response to the infection with *P. pannosa* (Shetty *et al.*, 2011).

It has also been shown that applying Si has beneficial effects on the growth and quality of the roses (Hwang *et al.*, 2005; Reezi *et al.*, 2009). However, in this study, applying Si induced a reduction of the length and diameter of stems and floral bud in relation to the control, as reported by Reezi *et al.* (2009), who observed that with high doses of Si (150 ppm), there was a noticeable reduction in the length and diameter of rose stems. Likewise, it has been documented that applying potassium silicate (200 mg L⁻¹) in sunflower (*Helianthus annuus* L.) causes deformity in flowers and hinders growth (Kamenidou *et al.*, 2008), whereas applying sodium silicate (150 mg L⁻¹) reduces the length of stems and causes deformity in gerbera flowers (Kamenidou *et al.*, 2010). Another possible explanation is that the addition of Si in plants could improve biotic or abiotic stress or alter their morphology (Ma and Yamaji, 2006), as observed in this present study.

Phosphites are commonly used to control oomycetes in different crops. Their efficiency has been proven against species such as *Oidium*

Así también, se ha documentado que la aplicación de silicato de potasio (200 mg L^{-1}) en girasol (*Helianthus annuus* L.) provoca la deformación de flores y retrasa el crecimiento (Kamenidou *et al.*, 2008), mientras que cuando se aplica silicato de sodio (150 mg L^{-1}) disminuye la longitud de tallos y causa deformación en flores de gerbera (Kamenidou *et al.*, 2010). Otra posible explicación es que el suministro de Si en las plantas puede beneficiar en la mejora a la resistencia al estrés biótico o abiótico o altera la morfología de las mismas (Ma y Yamaji, 2006), tal como se observó en este estudio.

Los fosfitos se usan comúnmente para el control de oomicetes en diferentes cultivos, su eficacia ha sido demostrada contra numerosas especies, como, *Oidium* sp. (Yáñez *et al.*, 2012), *Erysiphe polygoni* D.C. (Salamanca-Carvajal y Alvarado-Gaona, 2012), *Penicillium expansum* Link. (Amiri y Bompeix, 2011), *Phytophthora cactorum* (Lebert y Cohn) Scröt (Rebollar-Alviter *et al.*, 2010) y *Peronospora sparsa* Berkeley (Rebollar-Alviter *et al.*, 2012). En este estudio, el tratamiento con K_3PO_3 a dosis de 2 mL L^{-1} disminuyó significativamente la incidencia y severidad de *P. pannosa*. Resultados similares han sido reportados por Chavarro-Carrero *et al.* (2012), quienes demostraron que aplicaciones periódicas de fosfito de potasio sobre rosa variedad Bingo White® reducen la incidencia hasta un 35 % y la severidad en 6.3 % de *P. sparsa*, con una efectividad biológica del 93.4 % contra el 14.8 % de un fungicida a base de cymoxanil + hidróxido de cobre + mancozeb. Es importante destacar que el éxito que tienen los fosfitos en el control de algunas enfermedades se debe a su acción sistémica, por lo que actúan en todas las partes de la planta. Varios autores reportan que el fosfito exhibe un complejo modo de acción, actuando directamente en el desarrollo del patógeno, inhibiendo el crecimiento del micelio y la síntesis de la pared celular (King *et al.*, 2010), o indirectamente mediante la estimulación

sp. (Yáñez *et al.*, 2012), *Erysiphe polygoni* D.C. (Salamanca-Carvajal and Alvarado-Gaona, 2012), *Penicillium expansum* Link. (Amiri and Bompeix, 2011), *Phytophthora cactorum* (Lebert and Cohn) Scröt (Rebollar-Alviter *et al.*, 2010), and *Peronospora sparsa* Berkeley (Rebollar-Alviter *et al.*, 2012). In this study, the treatment with K_3PO_3 at doses of 2 mL L^{-1} significantly reduced the incidence and severity of *P. pannosa*. Similar results have been reported by Chavarro-Carrero *et al.* (2012), who demonstrated that applying potassium phosphite regularly on Bingo White® variety roses reduce incidence by up to 35 % and severity by 6.3 % of *P. sparsa*, with a biological effectiveness of 93.4 % against 14.8 % of a fungicide based on cymoxanil + copper hydroxide + mancozeb. It is important to highlight that the success of phosphites in the control of some diseases is due to its systemic action, which is why they act upon all areas of the plant. Several authors report that phosphite displays a complex form of action, acting directly on the development of the pathogen, inhibiting the growth of the mycelia and the cell wall synthesis (King *et al.*, 2010), or indirectly by the stimulation of the plants' defense responses, such as the production of phytoalexins (Lovatt and Mikkelsen, 2006; Lobato *et al.*, 2011), deposition of callose, reactive species of oxygen and the induction of proteins related to pathogenesis (Eshraghi *et al.*, 2011; Machinandiaarena *et al.*, 2012).

There have been reports on the fungistatic effect of phosphites, but also on their ability to increase flowering, yield, fruit size, total of soluble solids, and concentration of anthocyanins in some crops (Lovatt and Mikkelsen, 2006). However, in this study the potassium phosphite reduced the length and diameter of stems and floral buds in comparison to the control in both trials, which could be due to the doses applied, since there is evidence that shows

de respuestas de defensa de las plantas como la producción de fitoalexinas (Lovatt y Mikkelsen, 2006; Lobato *et al.*, 2011), deposición de calosa, especies reactivas de oxígeno y la inducción de proteínas relacionadas con la patogénesis (Eshraghi *et al.*, 2011; Machinandiarena *et al.*, 2012).

Se ha documentado que además del efecto fungistático, los fosfitos pueden incrementar floración, rendimiento, tamaño de fruta, total de sólidos solubles y concentración de antocianinas en algunos cultivos (Lovatt y Mikkelsen, 2006). Sin embargo, en este estudio el fosfito de potasio redujo la longitud y diámetro de tallos y de botón floral respecto al testigo, esto en ambos ensayos, lo cual pudo deberse a la dosis de aplicación, debido a que existe evidencia que demuestra que a altas concentraciones de fosfitos se induce fitotoxicidad, lo cual afecta el rendimiento (Lovatt y Mikkelsen, 2006). Resultados similares fueron reportados por Yáñez *et al.* (2012), quienes documentaron que la aplicación de sales minerales incluyendo al fosfito de potasio, no mostraron efectos significativos que repercutieran en la longitud y el número de hojas en plantas de pepino.

Por otra parte el quitosano, un polisacárido catiónico de alto peso molecular extraído de la desacetilación de los exoesqueletos de cangrejos, es un biopolímero biodegradable y no tóxico, eficaz en la prevención de enfermedades de hongos al interferir directamente en su desarrollo (Bautista-Baños *et al.*, 2006) o en la activación de procesos biológicos en tejidos del hospedante (Bautista-Baños *et al.*, 2006; Iriti *et al.*, 2011). En este trabajo la aplicación de quitosano a 0.013 % disminuyó la incidencia hasta un 31.2 y 19.3 % en el primer y segundo ensayo respectivamente, la severidad también fue reducida en 60.3 % en el primer y 63.1 % en el segundo ensayo con relación al testigo. Wojdyla (2001), reportó que la aplicación de quitosano a una concentración de 0.025 a 0.2 % redujo el desa-

that high concentrations of phosphites lead to plant toxicity, which affects yield (Lovatt and Mikkelsen, 2006). Similar results were reported by Yáñez *et al.* (2012), who documented that applying mineral salts, including potassium phosphite, showed no significant effects with repercussions on the length and number of leaves in cucumber plants.

On the other hand, chitosan, a heavy cationic polysaccharide taken from the deacetylation of the exoskeletons of crabs, is a biodegradable and non-toxic biopolymer, efficient in preventing diseases caused by fungi, since they interfere directly in their growth (Bautista-Baños *et al.*, 2006) or in the activation of biological processes in host tissues (Bautista-Baños *et al.*, 2006; Iriti *et al.*, 2011). In this investigation, applying at 0.013 % reduced incidence in up to 31.2 and 19.3 % in the first and second trials, respectively, and severity was also reduced by 60.3 % in the first and 63.1 % in the second trial in comparison to the control. Wojdyla (2001) reported that applying chitosan at a concentration of 0.025 to 0.2 % reduced the development of powdery mildew in roses between 43.5 and 85.4 %, similar to the chemical treatment with triforine (0.03 %). When used on *P. sparsa*, its efficiency varied between 50 and 73 %, and on *Botrytis cinerea* Pers: Fr. at concentrations of 0.1 and 0.2 %, severity decreased by 5 and 35 %, respectively. Related results indicate that weekly applications of chitosan (Biochikol 020 PC), increase tolerances to *Diplocarpon rosae* Wolf from 18 to 60 %, yet in chrysanthemums, at a concentration of 0.01 to 0.05 % the control of *Oidium chrysanthemi* DC. was from 69 to 79 %, whereas with *Puccinia horiana* Henning, it was from 54 to 97 % (Wojdyla, 2004).

In the present study, it has been shown that applying chitosan increases the length and diameter of the stem and floral bud in relation to silicon and potassium phosphite. Some reports have shown that

rollo de la cenicilla del rosal en un rango de 43.5 a 85.4 % similar al tratamiento químico con triforine (0.03 %). Cuando se aplicó contra *P. sparsa* su eficacia varió del 50 a 73 % y al utilizarlo contra *Botrytis cinerea* Pers: Fr. a concentraciones de 0.1 y 0.2 % se redujo la severidad en un 5 y 35 %, respectivamente. Resultados relacionados indican que aplicaciones semanales de quitosano (Biochikol 020 PC), incrementan la tolerancia contra *Diplocarpon rosae* Wolf de un 18 a 60 %, pero en crisantemo a una concentración de 0.01 a 0.05 % el control de *Oidium chrysanthemi* DC. fue de 69 a 79 %, mientras que con *Puccinia horiana* Henning fue de 54 a 97 % (Wojdyla, 2004).

En el presente estudio queda evidenciado que aplicaciones de quitosano incrementan la longitud y diámetro de tallo y de botón floral en relación con el silicio y fosfito de potasio. Algunos reportes han demostrado la eficacia del quitosano para proteger plántulas contra plagas y enfermedades, mejorar la germinación de semillas, promover el crecimiento de plantas y por ende aumentar el rendimiento del cultivo. En ornamentales, la aplicación de quitosano influyó positivamente en gladiola (*Gladiolus* spp.) al incrementar la brotación de cormos, mayor número de flores por espiga y extendió la vida de florero (Ramos-García *et al.*, 2009), en cormos de fresias (*Freesia* spp.) mostró una rápida emergencia y disminuyó su ciclo vegetativo (Startek *et al.*, 2005), mientras que en orquídeas (*Dendrobium phalaenopsis* Fitzg.) influyó en el crecimiento de brotes meristemáticos en cultivo de tejidos (Nge *et al.*, 2006) y en *Lilium* spp. mostró un incremento en la vida de florero cuando los tallos fueron sumergidos o asperjado con una solución de quitosano + nano partícula coloidal pura AG + ion (Kim *et al.*, 2005). Otras evidencias, tales como la descrita por Ohta *et al.* (2001), quienes reportaron que semillas de lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.)

the efficiency of chitosan to protect plantlets against pests and diseases, improve seed germination, enhance plant growth, and therefore, increase crop yield. In ornamental plants, chitosan had a positive influence on gladioli (*Gladiolus* spp.), since it increases the sprouting of corms, as well as the number of flowers per spike and prolonged its vase life (Ramos-García *et al.*, 2009); in freesia (*Freesia* spp.) corms it showed a fast emergence and reduced its vegetative cycle (Startek *et al.*, 2005), whereas in orchids (*Dendrobium phalaenopsis* Fitzg.) it influenced the growth of meristematic sprouts in tissue culture (Nge *et al.*, 2006), and in *Lilium* spp. It displayed an increase in vase life when the stems were submerged in, or sprayed with, a solution of chitosan + pure AG colloidal nanoparticle + ion (Kim *et al.*, 2005). There is other evidence, such as that described by Ohta *et al.* (2001), who reported that seeds from lisianthus (*Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinners) submerged in chitosan at 1 % for one hour, and applying it onto the soil, significantly increased the number of flowers and the length and diameter of the stem.

CONCLUSIONS

Morphometric and molecular characterizations confirmed that *Podosphaera pannosa* is the agent related to the powdery mildew in rose bushes in the municipality of Tenancingo, Mexico. Applying silicia and potassium phosphite reduced the incidence and severity of *Podosphaera pannosa*, and are therefore considered feasible alternatives that can be incorporated in the integrated management of this disease. Chitosan can be an alternative in handling rose plantations, since it has positive effects on the length and diameter of the stem and floral bud. Dodemorf acetate presented

Shinners) sumergidas en quitosano al 1 % durante una hora y su aplicación en suelo aumentó significativamente el número de flores y la longitud y diámetro del tallo.

CONCLUSIONES

La caracterización morfológica y molecular, confirmaron que *Podosphaera pannosa* es el agente asociado con la cenicilla del rosal en el municipio de Tenancingo, México. Las aplicaciones con silicio y fosfito de potasio redujeron la incidencia y severidad de *Podosphaera pannosa*, por lo que se consideran alternativas viables que pueden ser incorporadas en el manejo integrado de esta enfermedad. El quitosano puede ser una alternativa en el manejo del cultivo de rosa puesto que tiene efectos positivos sobre la longitud y diámetro del tallo y botón floral. El acetato de dodemorf mostró un excelente potencial para el control de *P. pannosa* y buena selectividad en el cultivo.

LITERATURA CITADA

- Amiri A and Bompeix G. 2011. Control of *Penicillium expansum* with potassium phosphite and heat treatment. *Crop Protection* 30:222-227.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2010.10.010>
- Bautista-Baños S, Hernández-Lauzardo AN, Velázquez-del Valle MG, Hernández-López M, Ait Barka E, Bosquez-Molina E and Wilson CL. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection* 25:108-118.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2005.03.010>
- Bélanger RR, Labbé C and Jarvis WR. 1994. Commercial-scale control of rose powdery mildew with a fungal antagonist. *Plant Disease* 78:420-424.
<http://dx.doi.org/10.1094/PD-78-0420>
- Benyagoub M and Bélanger RR. 1995. Development of a mutant strain of *Sporothrix flocculosa* with resistance to dodemorph-acetate. *Phytopathology* 85:766-770.
<http://dx.doi.org/10.1094/Phyto-85-766>
- Borkowski J and Szwonck E. 2004. Powdery mildew control on greenhouse tomatoes by chitosan and other selected substances. *Acta Horticulturae* 633:435-438.

an excellent potential for the control of *P. pannosa* and good selectivity in the crop.

~~~~~ End of the English version ~~~~~

- <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.633.53>
- Botta A, Sierras N, Marín C and Piñol R. 2011. Powdery mildew protection with Armurox: An improved strategy for silicon application. *Journal of Agricultural Science and Technology A* 1:1032-1039.  
<http://dx.doi.org/10.17265/2161-6256/2011.11A.012>
- Braun U and Cook RTA. 2012. Taxonomic manual of the Erysiphales (powdery mildews). CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre. Utrecht, The Netherlands. 707p.
- Brent KJ and Hollomon DW. 2007. Fungicide resistance in crop pathogens. Second Edition Fungicide Resistance Action Committee. Brussels, Belgium. 56p. Disponible en línea: <http://www.frac.info/docs/default-source/publications/monographs/monograph-1.pdf?sfvrsn=8>
- Campbell CL and Madden LV. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. John Wiley and Sons Inc. New York, USA. 532p.
- Chavarro-Carrero EA, García-Velasco R, González-Díaz JG, González-Cepeda LE y Jiménez-Ávila LJ. 2012. Uso del fosfito de potasio para el manejo de *Peronospora sparsa* Berkeley en *Rosa* spp. *Fitopatología Colombiana* 36:53-56.
- Cunnington JH, Takamatsu S, Lawrie AC and Pascoe IG. 2003. Molecular identification of anamorphic powdery mildews (Erysiphales). *Australasian Plant Pathology* 32:421-428.  
<http://dx.doi.org/10.1071/AP03045>
- Datnoff LE, Nell TA, Leonard RT and Rutherford BA. 2006. Effect of silicon on powdery mildew development on miniature potted rose. *Phytopathology* 96:S28. Disponible en línea: <http://apsjournals.apsnet.org/toc/phyto/96/6s>
- Daughtrey ML and Benson DM. 2005. Principles of plant health management for ornamental plants. *Annual Review of Phytopathology* 43:141-169. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.phyto.43.040204.140007>
- Debener T and Byrne DH. 2014. Disease resistance breeding in rose: Current status and potential of biotechnological tools. *Plant Science* 228:107-117.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2014.04.005>
- Debener T and Linde M. 2009. Exploring complex ornamental genomes: The rose as a model plant. *Critical Reviews in Plant Science* 28:267-280.  
<http://dx.doi.org/10.1080/07352680903035481>
- Deliopoulos T, Kettlewell PS and Hare MC. 2010. Fungal disease suppression by inorganic salts: A review. *Crop Protection* 29:1059-1075.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2010.05.011>
- Eshraghi L, Anderson J, Aryamanesh N, Shearer B, McComb J, Hardy GESTj and O'Brien PA. 2011. Phosphite primed defence responses and enhanced expression of defence

- genes in *Arabidopsis thaliana* infected with *Phytophthora cinnamomi*. Plant Pathology 60:1086-1095.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.2011.02471.x>
- Faoro F, Maffi D, Cantu D and Iriti M. 2008. Chemical-induced resistance against powdery mildew in barley: The effects of chitosan and benzothiadiazole. Biocontrol 53:387-401.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10526-007-9091-3>
- Félix-Gastélum R, Herrera-Rodríguez G, Martínez-Valenzuela C, Maldonado-Mendoza IE, Quiroz-Figueroa FR, Brito-Vega H and Espinoza-Matías S. 2014. First report of powdery mildew (*Podosphaera pannosa*) of roses in Sinaloa, México. Plant Disease 98:1442.  
<http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-06-14-0605-PDN>
- Gardes M and Bruns TD. 1993. ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes: application to the identification of mycorrhizae and rusts. Molecular Ecology 2:113-118. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-294X.1993.tb00005.x>
- Havrylenko M. 1995. Erysiphaceous species from Nahuel Huapi National Park, Argentina. Part I. New Zeal. New Zealand Journal of Botany 33:389-400. <http://dx.doi.org/10.1080/0028825X.1995.10412965>
- Horsfall JG and Barratt RW. 1945. An improved grading system for measuring plant diseases. Phytopathology 35:655. Disponible en línea: <http://www.garfield.library.upenn.edu/classics1986/A1986A666500001.pdf>
- Horst RK and Cloyd RA. 2007. Compendium of rose diseases and pests. Second Edition. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 96p.
- Hwang SJ, Han-Min P and Jeong BR. 2005. Effects of potassium silicate on the growth of miniature rose 'Pinocchio' grown on rockwool and its cut flower quality. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 74:242-247. <http://dx.doi.org/10.2503/jjshs.74.242>
- Iriti M, Vitalini S, Di Tommaso G, D'Amico S, Borgo M and Faoro F. 2011. New chitosan formulation prevents grapevine powdery mildew infection and improves polyphenol content and free radical scavenging activity of grape and wine. Australian Journal of Grape and Wine Research 17:263-269.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1755-0238.2011.00149.x>
- Kamenidou S, Cavins TJ and Marek S. 2008. Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse-produced ornamental sunflowers. HortScience 43:236-239. Disponible en línea: <http://hortsci.ashspublishings.org/content/43/1/236.full>
- Kamenidou S, Cavins TJ and Marek S. 2010. Silicon supplements affect floricultural quality traits and elemental nutrient concentrations of greenhouse produced gerbera. Scientia Horticulturae 123:390-394.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2009.09.008>
- Kim JH, Lee AK and Suh JK. 2005. Effect of certain pretreatment substances on vase life and physiological character in *Lilium* spp. Acta Horticulturae 673:307-314. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.673.39>
- King M, Reeve W, Van der Hoek MB, Williams N, McComb J, O'Brien PA and Hardy GE. 2010. Defining the phosphite-regulated transcriptome of the plant pathogen *Phytophthora cinnamomi*. Molecular Genetics and Genomics 284:425-435.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s00438-010-0579-7>
- Lee SH, Han KS, Park JH and Shin HD. 2011. Occurrence of *Podosphaera pannosa* Teleomorph on *Rosa rugosa* from Korea. Plant Pathology Journal 27:398.  
<http://dx.doi.org/10.5423/PPJ.2011.27.4.398>
- Leus L, Dewitte A, Van Huylbroeck J, Vanhoutte N, Van Bockstaele E and Höfte M. 2006. *Podosphaera pannosa* (syn. *Sphaerotheca pannosa*) on *Rosa* and *Prunus* spp.: Characterization of pathotypes by differential plant reactions and ITS sequences. Journal of Phytopathology 154:23-28.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0434.2005.01053.x>
- Liang YC, Sun WC, Si J and Römheld V. 2005. Effects of foliar- and root-applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus*. Plant Pathology 54:678-685.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.2005.01246.x>
- Lobato MC, Machinandiarena MF, Tambascio C, Dosio GAA, Caldiz DO, Daleo GR, Andreu AB and Olivieri FP. 2011. Effect of foliar applications of phosphite on post-harvest potato tubers. European Journal of Plant Pathology 130:155-163.  
<http://dx.doi.org/10.1007/s10658-011-9741-2>
- Lovatt CJ and Mikkelsen RL. 2006. Phosphite fertilizers: What are they? Can you use them? What can they do?. Better crops With Plant Food 90:11-13. Disponible en línea: <http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf/issue/BC-2006-4>
- Ma JF and Yamaji N. 2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants. Trends in Plant Science 11:392-397.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2006.06.007>
- Machinandiarena MF, Lobato MC, Feldman ML, Daleo GR and Andreu AB. 2012. Potassium phosphite primes defense responses in potato against *Phytophthora infestans*. Journal of Plant Physiology 169:1417-1424.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2012.05.005>
- Moret A, Muñoz Z and Garcés S. 2009. Control of powdery mildew on cucumber cotyledons by chitosan. Journal of Plant Pathology 91:375-380.  
<http://dx.doi.org/10.4454/jpp.v91i2.967>
- Mori Y, Sato Y and Takamatsu S. 2000. Evolutionary analysis of the powdery mildew fungi using nucleotide sequences of the nuclear ribosomal DNA. Mycologia 92:74-93.  
<http://dx.doi.org/10.2307/3761452>
- Nge KL, Nwe N, Chandrakrang S and Stevens WF. 2006. Chitosan as a growth stimulator in orchid tissue culture. Plant Science 170:1185-1190.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2006.02.006>
- Ohta K, Asao T and Hosoki T. 2001. Effects of chitosan treatments on seedling growth, chitinase activity and flower quality in *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. 'Kairyoku Wakamurasaki'. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 76:612-614. Disponible en línea: [http://www.jhortscib.org/Vol76/76\\_5/18.htm](http://www.jhortscib.org/Vol76/76_5/18.htm)
- Pemberton HB, Kelly JW and Ferare J. 2003. Pot rose production. Pp:587-593. In: Roberts AV, Debener T and Gudin S (eds.). Encyclopedia of rose science. Academic press. Oxford, USA. 1450p.  
<http://dx.doi.org/10.1016/B0-12-227620-5/00074-4>
- Ramos-García M, Ortega-Centeno S, Hernández-Lauzardo

- AN, Alia-Tejacal I, Bosquez-Molina E and Bautista-Baños S. 2009. Response of gladiolus (*Gladiolus* spp) plants after exposure corms to chitosan and hot water treatments. *Scientia Horticulturae* 121:480-484.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2009.03.002>
- Rebollar-Alviter A, Silva-Rojas HV, López-Cruz I, Boyzo-Marín J and Ellis MA. 2012. Fungicide sprays programs to manage downy mildew (dryberry) of blackberry caused by *Peronospora sparsa*. *Crop Protection* 42:49-55.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2012.06.007>
- Rebollar-Alviter A, Wilson LL, Madden LV and Ellis MA. 2010. A comparative evaluation of post-infection efficacy of mefenoxam and potassium phosphite with protectant efficacy of azoxystrobin and potassium phosphite for controlling leather rot of strawberry caused by *Phytophthora cactorum*. *Crop Protection* 29:349-353.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2009.12.009>
- Reezi S, Babalar M and Kalantari S. 2009. Silicon alleviates salt stress, decreases malondialdehyde content and affects petal color of salts-tressed cut rose (*Rosa x hybrida* L.) 'Hot Lady'. *African Journal of Biotechnology* 8:1502-1508. <http://dx.doi.org/10.5897/AJB09.180>
- Ribeiro JPM, Vilela RML, Borges PR, Rossi CF, Rufino AD and De Padua MA. 2006. Effect of potassium phosphite on the induction of resistance in cocoa seedlings (*Theobroma cacao* L.) against *Verticillium dahliae* Kleb. *Ciência e Agrotecnologia* 30:629-636.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000400006>
- Romberg MK, Kennedy AH and Ko M. 2014. First report of the powdery mildews *Leveillula taurica* and *Podosphaera pannosa* on rose periwinkle in the United States. *Plant Disease* 98:848.  
<http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-09-13-0981-PDN>
- Saenz GS and Taylor JW. 1999. Phylogeny of the Erysiphales (powdery mildews) inferred from internal transcribed spacer ribosomal DNA sequences. *Canadian Journal of Botany* 77:150-168. <http://dx.doi.org/10.1139/b98-235>
- Salamanca-Carvajal M y Alvarado-Gaona A. 2012. Efecto de la proteína harpin y el fosfito de potasio en el control del mildew polvoso (*Erysiphe polygoni* D.C.) en tomate, en Sutamarchán (Boyacá). *Ciencia y Agricultura* 9:65-75. Disponible en línea:  
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4986456>
- Salmon ES. 1900. A monograph of the Erysiphaceae. Torrey Botanical Club. New York, USA. 292p.  
<http://dx.doi.org/10.5962/bhl.title.97215>
- Shetty R, Fretté X, Jensen B, Shetty NP, Jensen JD, Jørgensen HJL, Newman MA and Christensen LP. 2011. Silicon-induced changes in antifungal phenolic acids, flavonoids, and key phenylpropanoid pathway genes during the interaction between miniature roses and the biotrophic pathogen *Podosphaera pannosa*. *Plant Physiology* 157:2194-2205. <http://dx.doi.org/10.1104/pp.111.185215>
- Shetty R, Jensen B, Shetty NP, Hansen M, Hansen CW, Starkey KR and Jørgensen HJL. 2012. Silicon induced resistance against powdery mildew of roses caused by *Podosphaera pannosa*. *Plant Pathology* 61:120-131.  
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.2011.02493.x>
- Startek L, Bartkowiak A, Salachna P, Kaminska M and Mazurkiewicz-Zapalowicz K. 2005. The influence of new methods of corm coating on freesia growth, development and health. *Acta Horticulturae* 673:611-616.  
<http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.673.84>
- Suthaparan A, Stensvand A, Solhaug KA, Torre S, Mortensen LM, Gadoury DM, Seem RC and Gislerød HR. 2012. Suppression of powdery mildew (*Podosphaera pannosa*) in greenhouse roses by brief exposure to supplemental UV-B radiation. *Plant Disease* 96:1653-1660.  
<http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-01-12-0094-RE>
- Suthaparan A, Stensvand A, Torre S, Herrero ML, Pettersen RI, Gadoury DM and Gislerød HR. 2010. Continuous lighting reduces conidial production and germinability in the rose powdery mildew pathosystem. *Plant Disease* 94:339-344.  
<http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-94-3-0339>
- Takamatsu S, Niinomi S, Harada M and Havrylenko M. 2010. Molecular phylogenetic analyses reveal a close evolutionary relationship between *Podosphaera* (Erysiphales: Erysiphaceae) and its rosaceous hosts. *Persoonia* 24:38-48.  
<http://dx.doi.org/10.3767/003158510X494596>
- To-anun C, Kom-un S, Sunawan A, Fangfuk W, Sato Y and Takamatsu S. 2005. A new subgenus, *Microidium*, of *Oidium* (Erysiphaceae) on *Phyllanthus* spp. *Mycoscience* 46:1-8. <http://dx.doi.org/10.1007/S10267-004-0202-Z>
- White TJ, Bruns TS, Lee S and Taylor J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. Pp:315-322. In: Innis MA, Gelfand DH, Sninsky JJ and White TJ (eds.). PCR protocols: A guide to methods and applications. Academic Press. San Diego, USA. 1990p.  
<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1>
- Wojdyla AT. 2001. Chitosan in the control of rose diseases: 6-year-trials. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Series Biological Sciences* 49:243-252. Disponible en línea: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PL2003000183>
- Wojdyla AT. 2004. Chitosan (biochikol 020 PC) in the control of some ornamental foliage diseases. *Communications in Agricultural Applied Biology Science* 69:705-715. Disponible en línea:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15756862>
- Yáñez JMG, León RJF, Godoy ATP, Gastélum LR, López MM, Cruz OJE y Cervantes DL. 2012. Alternativas para el control de la cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino (*Cucumis sativus* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:259-270. Disponible en línea:  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263123201004>