

Sales minerales para el control de la cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino*

Mineral salts for control of powdery mildew (*Oidium* sp.) in cucumber

Moisés Gilberto Yáñez Juárez^{1§}, Leopoldo Partida Ruvalcaba², Emma Zavaleta-Mejía³, Felipe Ayala Tafoya¹, Teresa de Jesús Velázquez Alcaraz¹ y Tomás Díaz Valdés¹

¹Universidad Autónoma de Sinaloa- Facultad de Agronomía. Carretera Culiacán-Eldorado km 17.5, A. P. 25, C. P. 80000, Culiacán, Sinaloa, México. (tafoya@uas.edu.mx; teresadejesus_v@yahoo.com.mx; tdiaz10@hotmail.com). ²Universidad Tecnológica de Culiacán. Carretera Culiacán-Imala km 2, col. Los Ángeles, C. P. 80014, en la Ciudad Educadora del Saber, Culiacán Rosales, Sinaloa. (parpolo@yahoo.com.mx). ³Colegio de Postgraduados. Instituto de Fitosanidad- Campus Montecillo Carretera México-Texcoco, km 36.5, C. P. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. (zavaleta@colpos.mx). [§]Autor para correspondencia: moisesyj@uas.edu.mx.

Resumen

Se evaluó el impacto de sales minerales fosfito de potasio (6 mL L⁻¹), fosfito de calcio (10 g L⁻¹), sulfato de potasio (17 g L⁻¹) y nitrato de calcio (20 g L⁻¹) en la cenicilla ocasionada por *Oidium* sp. en el cultivo de pepino. El experimento se estableció en condiciones de invernadero bajo diseño de bloques completos al azar con seis repeticiones por tratamiento. Por siembra directa, las plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) cv 'Zapata' se hicieron crecer en bolsas de plástico con capacidad de 4.5 kg y sustrato de coco (70% fibra gruesa y 30% fibra fina); cuando las plantas (dos por maceta) tuvieron cinco hojas verdaderas, se aplicaron al follaje soluciones de los tratamientos con un atomizador manual, en cinco ocasiones con intervalos de 7 días. La infección por cenicilla en las plantas se desarrolló de manera natural. Se evaluó la altura de planta, número de hojas, área foliar, verdor foliar, número de hojas enfermas e incidencia y severidad de cenicilla. No hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en las variables altura, área foliar, verdor y número de hojas en las plantas evaluadas. La mayor protección contra cenicilla (*Oidium* sp.) se obtuvo con las aplicaciones de nitrato de calcio y fosfito de potasio, superando aquella proporcionada por fosfito de calcio y sulfato de potasio. El

Abstract

The impact of mineral salts potassium phosphite (6 mL L⁻¹) phosphite calcium (10 g L⁻¹), potassium sulfate (17 g L⁻¹) and calcium nitrate (20 g L⁻¹) was assessed on powdery mildew caused by *Oidium* sp. in cucumber cultivation. The experiment was established in greenhouse conditions under design randomized complete block with six replicates per treatment. The direct sowing, cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) cv 'Zapata' were grown in plastic bags with a capacity of 4.5 kg and coconut substrate (70% coarse fiber and 30% fine fiber); when plants (two per pot) had five true leaves, they were applied to foliage treatment solutions with a manual atomizer, five times at intervals of 7 days. The powdery mildew infection in plants evolved naturally. The plant height, leaf number, leaf area, leaf greenness, number of diseased leaves and incidence and severity of powdery mildew was evaluated. There was no significant difference ($p \leq 0.05$) in the variables height, leaf area, greenery and number of leaves in plants evaluated. The greatest protection against powdery mildew (*Oidium* sp.) was obtained with the application of calcium nitrate and potassium phosphite, phosphite surpassing that provided by calcium and potassium sulfate. Calcium nitrate and

* Recibido: marzo de 2016
Aceptado: junio de 2016

nitrate de calcio y fosfito de potasio en dosis de 20 g y 6 mL L⁻¹ de agua, respectivamente, constituyen una alternativa para el manejo de la cenicienta en pepino.

Palabras clave: *Cucumis sativus*, fosfito de potasio, nitrato de calcio.

Introducción

En México, la cenicienta de las cucurbitáceas es una enfermedad foliar común en plantas cultivadas y silvestres, inducida por *Erysiphe cichoracearum* (De Candolle) o *Sphaerotheca fuliginea* (Schelechtend:Fr Pollaci); generalmente su presencia en el campo ocurre en la fase asexual (*Oidium* sp.), rara vez se observa la fase sexual (Félix *et al.*, 2005). Independientemente de la especie involucrada, los síntomas y signos del patógeno aparecen en forma de polvo blanquecino sobre la superficie de hojas de las plantas afectadas; con el tiempo y por efecto del daño, éstas se marchitan y muestran senescencia prematura (Glawe, 2008).

Tradicionalmente el control de las cenicientas se realiza mediante la aplicación de fungicidas químicos, sin embargo, el uso indiscriminado de éstos compuestos ha impactado negativamente a los agroecosistemas y al medio ambiente del planeta. De ahí la importancia de desarrollar otras alternativas, como el uso de sales minerales con acción fungicida, que también activan los mecanismos de defensa de las plantas. Las sales minerales utilizadas para el control de enfermedades deben ser eficaces, además de tener bajo impacto negativo al ambiente y ser inocuas para la salud humana. Al respecto, Deliopoulos *et al.* (2010) señalan que hasta 34 sales se han empleado para el control de enfermedades en plantas, destacando por su eficacia y frecuencia de uso los bicarbonatos, fosfatos, silicatos, cloruros y fosfitos.

Los fosfitos son sales derivadas del ácido fosforoso, aprovechados en la agricultura como fuente de nutrición para las plantas o como alternativa para el control de enfermedades; en este sentido los fosfitos han mostrado eficacia contra: *Phytophthora cinnamomi* en macadamia (*Macadamia* spp.), *P. nicotianae* en tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), *P. palmivora* en papaya (*Carica papaya* L.), *P. infestans*, *Fusarium solani* y *Rhizoctonia solani* en papa (*Solanum tuberosum* L.), *Heterodera avenae* y *Meloidogyne marylandi* en trigo

potassium phosphite in doses of 20 g and 6 mL L⁻¹ water, respectively, are an alternative for handling powdery mildew in cucumber.

Keywords: *Cucumis sativus*, calcium nitrate, potassium phosphite.

Introduction

In Mexico, the powdery mildew of cucurbits is a common foliar disease in wild and cultivated plants, induced for *Erysiphe cichoracearum* (De Candolle) or *Sphaerotheca fuliginea* (Schelechtend:Fr Pollaci); generally its presence in the field occurs in the asexual phase (*Oidium* sp.), rarely is observed in sexual phase (Félix *et al.*, 2005). Regardless of the species involved, symptoms and signs of the pathogen appear as white powder on the surface of leaves of affected plants; with time and the effect of the damage, they wither and show premature senescence (Glawe, 2008).

Traditionally powdery mildew control is performed by applying chemical fungicides, however, indiscriminate use of these compounds has negatively impacted agroecosystems and the environment of the planet. Hence the importance of developing alternatives such as the use of mineral salts with fungicidal action, also activate the defense mechanisms of plants. The mineral salts used to control diseases should be effective as well as having low negative impact on the environment and be safe for human health. In this regard, Deliopoulos *et al.* (2010) report that up to 34 salts have been used to control plant diseases, highlighting its effectiveness and frequency of use bicarbonates, phosphates, silicates, chlorides and phosphites.

The phosphites are salts derived from phosphorous acid, utilized in agriculture as a source of nutrition for plants or as an alternative for disease control; phosphites in this regard have shown efficacy against *Phytophthora cinnamomi* in macadamia (*Macadamia* spp.), *P. nicotianae* in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.), *P. palmivora* in papaya (*Carica papaya* L.), *P. infestans*, *Fusarium solani* and *Rhizoctonia solani* in potato (*Solanum tuberosum* L.), *Heterodera avenae* and *Meloidogyne marylandi* in wheat (*Triticum aestivum* L.) and oats (*Avena sativa* L.), among others (Smillie *et al.*, 1989; Oka *et al.*, 2007; Lobato *et al.*, 2008; Akinsanmi and Dreth, 2013).

(*Triticum aestivum* L.) y avena (*Avena sativa* L.), entre otros (Smillie *et al.*, 1989; Oka *et al.*, 2007; Lobato *et al.*, 2008; Akinsanmi y Dreth, 2013).

Los niveles de eficacia de los fosfitos en el control de enfermedades varían dependiendo del patógeno y del hospedante; por ejemplo, la inmersión de frutos de mandarina (*Citrus reticulata* Blanco) en soluciones a base de fosfito de calcio y potasio, disminuyó hasta en 50% la incidencia del moho verde de los cítricos originado por *Penicillium digitatum* (Cerioni *et al.*, 2013); de igual manera en plantas de soya (*Glycine max* L.) tratadas con fosfito de potasio, la severidad por *Peronospora manshurica* se redujo en 50% en comparación con las plantas sin tratar (Silva *et al.*, 2011). Abbasi y Lazarovits (2006), reportan una reducción de 80% de plantas de pepino infectadas por *Pythium* spp., cuando las semillas se trataron por inmersión en soluciones de fosfito de cobre.

Los mecanismos involucrados en los efectos profilácticos de los fosfitos son diversos e incluyen la estimulación y aumento de la defensa estructural en la planta. Pilbeam *et al.* (2011), describieron deposición de lignina y suberina alrededor del tejido dañado por *Phytophthora cinnamomi* en plantas de eucalipto tratadas con fosfito de potasio, efecto que limitó el desarrollo del patógeno. También, Olivieri *et al.* (2012), refirieron aumento en el contenido de pectina en el tejido de la peridermis y la corteza en tubérculos procedentes de plantas de papa tratadas con fosfito de potasio, condición que mejora la resistencia a diversos patógenos. Por su parte, Jackson *et al.* (2000), reportaron que el desarrollo de lesiones por *P. cinnamomi* fue altamente restringido cuando la concentración de fosfito en el tejido de *Eucalyptus marginata* fue alta, y la disminución en el desarrollo de lesiones se asoció con un aumento significativo de las enzimas de defensa (4-coumarato coenzima A ligasa y deshidrogenasa de alcohol cinnamyl) y de fenoles solubles. Asimismo, McGrath (2004), menciona que los fosfitos inhiben la fosforilación oxidativa en Oomycetes. También, de forma directa los fosfitos actúan inhibiendo el crecimiento del micelio, la producción y la germinación de esporas en los patógenos (Smillie *et al.*, 1989; Wilkinson *et al.*, 2001; Cerioni *et al.*, 2013).

Las sales de calcio pueden emplearse con éxito para disminuir el daño por enfermedades en plantas cultivadas (Elmer *et al.*, 2007; Serrano *et al.*, 2013). Al respecto, Sugimoto *et al.* (2005), reportaron que la aplicación preventiva de nitrato de calcio o cloruro de calcio, disminuyó el daño por *Phytophthora sojae* en plantas de soya (*Glycine*

The levels of effectiveness of phosphites in disease control vary depending on the pathogen and host; for example, immersing fruit of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) solutions based phosphite calcium and potassium, decreased to 50% incidence green mold of citrus caused by *Penicillium digitatum* (Cerioni *et al.*, 2013) ; likewise in soybean plants (*Glycine max* L.) treated with potassium phosphite, *Peronospora manshurica* severity was reduced by 50% compared to untreated plants (Silva *et al.*, 2011). Abbasi and Lazarovits (2006) report an 80% reduction of cucumber plants infected by *Pythium* spp., when the seeds were treated by immersion in solutions of copper phosphite.

The mechanisms involved in the prophylactic effects of the phosphites are diverse and include stimulation and increased structural defense in the plant. Pilbeam *et al.* (2011), described suberin and lignin deposition around the damaged by *Phytophthora cinnamomi* in eucalyptus plants treated with potassium phosphite, limiting effect pathogen development tissue. Also, Olivieri *et al.* (2012), reported increased content of pectin in the tissue of the periderm and cortex in tubers from potato plants treated with potassium phosphite, condition improves resistance to various pathogens. Meanwhile, Jackson *et al.* (2000) reported that the development of lesions by *P. cinnamomi* was highly restricted when the concentration of phosphite in the tissue of *Eucalyptus marginata* was high, and the decrease in the development of lesions was associated with a significant increase in the defense enzymes (4-coenzyme A ligase and coumarato dehydrogenase cinnamyl alcohol) and soluble phenols. Furthermore, McGrath (2004), mentions that inhibit oxidative phosphorylation phosphites in Oomycetes. Also, phosphites directly act by inhibiting mycelial growth, production and spore germination pathogens (Smillie *et al.*, 1989; Wilkinson *et al.*, 2001; Cerioni *et al.*, 2013).

The calcium salts can be successfully employed to reduce damage by diseases in cultivated plants (Elmer *et al.*, 2007; Serrano *et al.*, 2013). In this regard, Sugimoto *et al.* (2005) reported that the preventive application of calcium nitrate or calcium chloride, decreased damage by *Phytophthora sojae* in soybean plants (*Glycine max* L.), explaining that the decline of the disease was related to the increased content calcium in the plant tissue and direct action on the pathogen (decreased production of zoospores by effect of salts); in addition, calcium nitrate obtained better results than calcium chloride.

Various minerals have been tested for their effectiveness in controlling powdery mildew of cucumber. Yáñez *et al.* (2014), reported that plants treated with potassium

max L.), explicando que esa disminución de la enfermedad, estaba relacionada con el aumento del contenido de calcio en el tejido vegetal y a la acción directa sobre el patógeno (disminución en la producción de zoosporas por efecto de las sales); además, con nitrato de calcio obtuvieron mejores resultados que con cloruro de calcio.

Diversas sales minerales se han probado por su efectividad en el control de la cenicilla del pepino. Yáñez *et al.* (2014), reportaron que plantas tratadas con bicarbonato de potasio mostraron hasta 80% menos severidad de la enfermedad en comparación con las plantas sin tratar. Dik *et al.* (2002), evaluaron la eficacia en el control de bicarbonato de potasio, bicarbonato de sodio, sulfato de magnesio y sulfato de manganeso; y reportaron que sulfato de manganeso fue la sal más eficaz para disminuir el daño del hongo. Reuveni *et al.* (2000), describieron que fosfato monopotásico al 1%, sirvió para disminuir significativamente el daño del patógeno; también, Pérez *et al.* (2010) consignan que el control de la cenicilla logrado con silicato de potasio, bicarbonato de potasio y fosfato de potasio fue similar al obtenido con el fungicida azoxystrobin. No obstante lo anterior, es importante incrementar el conocimiento sobre el uso de las sales minerales como alternativa ambientalmente aceptable para la protección de cultivos. Con base a lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue determinar la eficacia de las sales fosfito de potasio, fosfito de calcio, sulfato de potasio y nitrato de calcio contra la cenicilla en plantas de pepino.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en condiciones de invernadero en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, ubicada a 24° 37'24'' latitud norte y 107° 26'36'' longitud oeste, con altitud de 38.54 m en Sinaloa, México.

En bolsas de plástico con capacidad de 4.5 kg conteniendo sustrato de coco (70% fibra gruesa y 30% fibra fina) se sembraron semillas de pepino (*Cucumis sativus* L. cv 'Zapata') y una vez que emergieron las plantas se dejaron dos por maceta. Diariamente fueron fertilizadas a través del riego por goteo con una solución compuesta de 101 g de nitrato de potasio (KNO₃), 200 g de nitrato de calcio (CaNO₃), 136 g de fosfato monopotásico (KH₂PO₄) y 246 g de sulfato de magnesio (MgSO₄·7H₂O), diluidos en 100 litros de agua.

bicarbonato to 80% showed less disease severity compared to untreated plants. Dik *et al.* (2002), evaluated the efficacy in the control of potassium, sodium bicarbonate, magnesium sulfate and manganese bicarbonate; and they reported that manganese sulfate salt was the most effective to decrease the damage of the fungus. Reuveni *et al.* (2000), described that 1% monopotassium phosphate, served to significantly reduce the damage of the pathogen; also, Pérez *et al.* (2010) recorded the control of powdery mildew achieved with potassium silicate, potassium phosphate and potassium bicarbonate was similar to that obtained with the fungicide azoxystrobin. Notwithstanding the foregoing, it is important to increase awareness of the use of mineral salts as an environmentally acceptable alternative crop protection. Based on the above, the objective of this investigation was to determine the efficacy of salts potassium phosphite, calcium phosphite, potassium sulphate and calcium nitrate against powdery mildew on cucumber plants.

Materials and methods

The study was conducted under greenhouse conditions at the Faculty of Agriculture of the Autonomous University of Sinaloa, located 24° 37'24'' north latitude and 107° 26'36'' west longitude with altitude of 38.54 m in Sinaloa, Mexico.

In plastic bags with a capacity of 4.5 kg containing coconut substrate (70% coarse fiber and 30% fine fiber) cucumber seeds (*Cucumis sativus* L. cv 'Zapata') were planted and emerged once the plants were two flower pot. Daily were fertilized by irrigation drip with a solution composed of 101 g of potassium nitrate (KNO₃), 200 g of calcium nitrate (CaNO₃), 136 g of monopotassium phosphate (KH₂PO₄) and 246 g of magnesium sulfate (MgSO₄·7H₂O), diluted in 100 liters of water.

The applied treatments manual foliar spray were: 1) control (distilled water); 2) potassium phosphite 6 mL mL L⁻¹ (FP); 3) phosphite calcium 10 g L⁻¹ (FCa); 4) potassium sulphate 17 g L⁻¹ (SP); and 5) calcium nitrate 20 g L⁻¹ (NCa). In all, were made five applications with intervals of 7 days (from March 8 to April 5, 2013) from the plants had five true leaves.

The evaluated variables were plant height, leaf number, leaf area, leaf greenness, number of diseased leaves and incidence and severity of powdery mildew. Infection mildew in plants developed naturally and its presence was verified

Los tratamientos aplicados foliarmente con atomizador manual fueron: 1) testigo (agua destilada), 2) fosfito de potasio 6 mL L⁻¹ (FP), 3) fosfito de calcio 10 g L⁻¹ (FCa), 4) sulfato de potasio 17 g L⁻¹ (SP), y 5) nitrato de calcio 20 g L⁻¹ (NCa). En total se realizaron cinco aplicaciones con intervalos de 7 días (del 8 de marzo al 5 de abril de 2013) a partir de que las plantas tuvieron cinco hojas verdaderas.

Las variables evaluadas fueron altura de planta, número de hojas, área foliar, verdor foliar, número de hojas enfermas e incidencia y severidad de cenicilla. La infección por cenicilla en las plantas se desarrolló de manera natural y su presencia se verificó por las características morfológicas de conidios, conidióforos y micelio obtenidos de ellas, la identificación del patógeno se realizó de acuerdo a las características morfológicas reportadas por Barnett y Hunter (1998).

La evaluación de todas las variables, se realizó sólo en la guía principal de la planta a los 21, 28 y 35 días después de la primera aplicación (ddpa). La altura de planta se midió desde la base de la planta hasta la parte apical de la misma, se registró el número total de hojas verdaderas formadas y el de las que presentaron síntomas de la enfermedad (número de hojas enfermas), y con estos datos se estimó en porcentaje la incidencia de cenicilla. El verdor y área foliar se evaluó sólo a los 35 dppa y únicamente en la hoja número 12 de las plantas muestreadas; el verdor foliar se determinó con clorofilímetro (SPAD-502, Minolta® Inc.) y los datos se registraron como unidades Spad; el área foliar se estimó con el largo y ancho de la hoja y la ecuación propuesta por Blanco y Folegatti (2003):

$$AF = 0.851(A \times L)$$

Donde: AF= Área foliar en cm, 0,851=constante, A=ancho de la hoja en cm, L=largo de la hoja en cm.

La severidad de cenicilla se estimó con base al área total de lámina foliar y el porcentaje visiblemente cubierto por las estructuras del hongo. A los 21 ddpa fueron evaluadas las hojas 3, 4, 5 y 6 (de la base al ápice del tallo); transcurridos 28 ddpa se evaluaron las hojas 5, 6, 7 y 8; y a los 36 ddpa se evaluaron las hojas 7, 8, 9 y 10.

El diseño experimental fue bloques completos al azar con seis repeticiones; los datos que cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los datos que no cumplieron con

by morphological characteristics of conidia, conidiophores and mycelium obtained therefrom, the identification of the pathogen was performed according to the morphological characteristics reported by Barnett and Hunter (1998).

The evaluation of all variables was performed only in the main guide of the plant at 21, 28 and 35 days after the first application (ddpa). Plant height was measured from the base of the plant to the apical portion thereof, the total number of true leaves formed and registered on the presenting symptoms of disease (number of diseased leaves), and these data It was estimated as a percentage of mildew incidence. The green and leaf area was assessed only at 35 ddpa and only in the 12th leaf plants sampled; leaf greenness was determined clorofilímetro (SPAD-502, Minolta® Inc.) and the data were recorded as Spad units; leaf area was estimated with the length and width of the sheet and the equation proposed by Blanco and Folegatti (2003):

$$AF = 0.851(A \times L)$$

Where: AF= Leaf area in cm, 0.851= constant, A= width of the sheet in cm, L= Leaf length in cm.

The severity of powdery mildew was estimated based on the total area of leaf blade and the percentage visibly covered by the structures of the fungus. At 21 they were evaluated ddpa leaves 3, 4, 5 and 6 (from base to apex of the stem); ddpa after 28 sheets 5, 6, 7 and 8 were evaluated; and at 36 ddpa sheets 7, 8, 9 and 10 they were valued.

The experimental design was randomized complete blocks with six repetitions; the data met the assumptions of normality and homogeneity of variance were submitted analysis of variance and comparison of means with the Tukey test ($p \leq 0.05$). The data did not meet the above assumptions were transformed into ranks, were analyzed with nonparametric statistical and we applied the Friedman test with $p \leq 0.05$ (Ramírez and López, 1993; Castillo, 2000).

Results and discussion

For variable number of leaves, plant height, leaf green and leaf area during growth and development of cucumber plants (data not included), no significant differences ($p \leq 0.05$) were detected between the applied salts.

los supuestos antes mencionados se transformaron a rangos, se analizaron con estadística no paramétrica y se les aplicó la prueba de Friedman con $p \leq 0.05$ (Ramírez y López, 1993; Castillo, 2000).

Resultados y discusión

Para las variables número de hojas, altura de plantas, verdor foliar y área de las hojas durante el crecimiento y desarrollo de las plantas de pepino (datos no incluidos) no se detectaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las sales aplicadas.

Los resultados obtenidos en este experimento indican la eficacia de las sales nitrato de calcio (NCa), fosfito de potasio (FP), fosfito de calcio (FCa) y sulfato de potasio (SP) en el control de la cenicilla del pepino, toda vez que los valores promedios obtenidos en las variables número de hojas enfermas (Cuadro 1), incidencia (Cuadro 2) y severidad de cenicilla (Figura 1) fueron menores ($p \leq 0.05$) en comparación con los valores registrados para las plantas testigo.

Cuadro 1. Número de hojas enfermas en plantas de pepino cv 'Zapata', a los 21, 28 y 35 días después de la primera aplicación.

Table 1. Number of diseased leaves in cucumber plants cv 'Zapata', at 21, 28 and 35 days after the first application.

Tratamiento	Número de hojas enfermas		
	21 ddpa [‡]	28 ddpa	35 ddpa
Testigo (agua destilada)	7.8 a ¹	12.5 a	17.6 a
FP (fosfito de potasio)	2.8 c	5.2 c	10.3 d
FCa (fosfito de calcio)	3.4 b	7.7 b	13.2 c
SP (sulfato de potasio)	4.8 b	8.7 b	15.3 b
NCa (nitrato de calcio)	1.2 d	3.8 d	7.4 e

[‡] ddpa= días después de la primera aplicación. Medias con diferente literal en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$). Cada cifra representa el promedio de seis repeticiones.

En todas las plantas, el número de hojas enfermas se incrementó gradualmente a través del tiempo (Cuadro 1). El menor número de hojas enfermas correspondió a las plantas tratadas con NCa y el mayor en las plantas testigo. Con FP, FCa y SP, el número de hojas enfermas fue menor que en las plantas testigo, pero mayor al obtenido con NCa.

The results obtained in this experiment indicate the effectiveness of the salts calcium nitrate (NCa), potassium phosphite (FP) phosphite, calcium (FCa) and potassium sulfate (SP) in the control of powdery mildew of cucumber, since that the mean values obtained in the variable number of diseased leaves (Table 1), incidence (Table 2) and severity of powdery mildew (Figure 1) were lower ($p \leq 0.05$) compared with registered for values for the control plants.

In all plants, the number of diseased leaves gradually increased over time (Table 1). The smaller number of diseased leaves corresponded to the NCa and plants treated with the greatest in the control plants. With FP, FCa and SP, the number of diseased leaves was lower than in the control plants, but higher than that obtained with NCa.

The incidence of powdery mildew increased as increased the number of damaged leaves. For NCa, an incidence of powdery mildew was recorded significantly lower ($p \leq 0.05$) than the control plants (Table 2); Also, in order of effectiveness, FP, FCa and SP the incidence of powdery mildew was lower than in the control plants. With FCa the powdery mildew incidence was not statistically different than it was with SP.

Cuadro 2. Incidencia de cenicilla (*Oidium* sp.) en plantas de pepino cv 'Zapata', a los 21, 28 y 35 días después de la primera aplicación.

Table 2. Incidence of powdery mildew (*Oidium* sp.) in cucumber plants cv 'Zapata', at 21, 28 and 35 days after the first application.

Tratamiento	Incidencia (%)		
	21 ddpa [‡]	28 ddpa	35 ddpa
Testigo (Agua destilada)	54.9 a ¹	76.7 a	89.8 a
FP (Fosfito de potasio)	19.3 c	31.3 c	53.4 c
FCa (Fosfito de calcio)	23 bc	45.8 b	68 b
SP (Sulfato de potasio)	39.9 b	51.5 b	76.9 b
NCa (Nitrato de calcio)	8.2 d	22.1 d	36.8 d

[‡] ddpa= días después de la primera aplicación. Medias con diferente literal en la misma columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$), según la prueba de Tukey. Cada cifra representa el promedio de seis repeticiones.

The increase in the severity of powdery mildew was closely related to the days elapsed after the first application of treatments and the proximity of the lower leaves of the plant canopy (Figure 1 A, B and C). Only in the control plants was

La incidencia de cenicienta se incrementó conforme aumentó el número de hojas dañadas. Para NCa, se registró una incidencia de cenicienta significativamente menor ($p \leq 0.05$) a la de las plantas testigo (Cuadro 2); asimismo, en orden de eficacia, con FP, FCa y SP la incidencia de cenicienta fue menor que en las plantas testigo. Con FCa la incidencia de cenicienta no fue estadísticamente diferente a la que hubo con SP.

El aumento en la severidad de cenicienta estuvo estrechamente relacionado con los días transcurridos después de la primera aplicación de los tratamientos y a la cercanía de las hojas con la zona inferior del dosel de la planta (Figura 1 A, B y C). Sólo en las plantas testigo la severidad de cenicienta fue superior al 50%; en todos los muestreos, la severidad de cenicienta en el testigo fue estadísticamente superior a los valores promedio obtenidos por efecto de las sales, excepto con SP a los 35 ddp (Figura 1C). Durante el periodo de muestreo, únicamente donde se aplicaron NCa y FP se encontraron hojas sin daño por cenicienta (Figura 1 A y B).

De las cuatro sales inorgánicas probadas, la mayor eficacia en el control de cenicienta se obtuvo con NCa, protección que se muestra numéricamente mayor a la reportada por Dios *et al.* (2006), quienes documentaron disminución de 10% de la severidad de *Bremia lactucae* con la aplicación de NCa y silicio al follaje de lechuga. Resultados similares a los encontrados en esta investigación se obtuvieron cuando NCa se agregó a la solución nutritiva con la finalidad de disminuir el daño por: *Botrytis cinerea* en rosa (Volpin y Elad, 1991), *Phytophthora erythroseptica* en papa (Benson *et al.*, 2009) y *Ralstonia solanacearum* en tomate (Yamazaki y Hoshina, 1995; Jiang *et al.*, 2013). Cabe indicar que la eficacia en el control de la cenicienta del pepino mediante aplicación foliar de NCa no se había documentado.

Con FP y FCa, la incidencia y severidad de la enfermedad disminuyó en comparación con las plantas testigo. Fosfito de potasio mejoró la eficacia obtenida con FCa, pues en todos los casos con FP los niveles de severidad fueron menores a los obtenidos con FCa (Figura 1) y el número de hojas enfermas y la incidencia de cenicienta también fueron menores (Cuadros 1 y 2). Los resultados obtenidos con FP, corroboran lo reportado por Yáñez *et al.* (2012), que al aplicar FP foliarmente lograron controlar a la cenicienta en pepino en niveles superiores a 40%. Resultados similares fueron reportados por Bécot *et al.* (2000), para *Peronospora parasítica* en coliflor; Monsalve *et al.* (2012), para *Peronospora destructor* en cebolla y Pinto *et al.* (2012), para *Plasmopara viticola* en vid.

mildew severity than 50%; in all samples, the severity of powdery mildew in the control was statistically superior to the average values obtained by effect of salts, except with SP at 35 ddp (Figure 1C). During the sampling period, they were applied only where NCa and FP leaves were found without mildew damage (Figure 1 A and B).

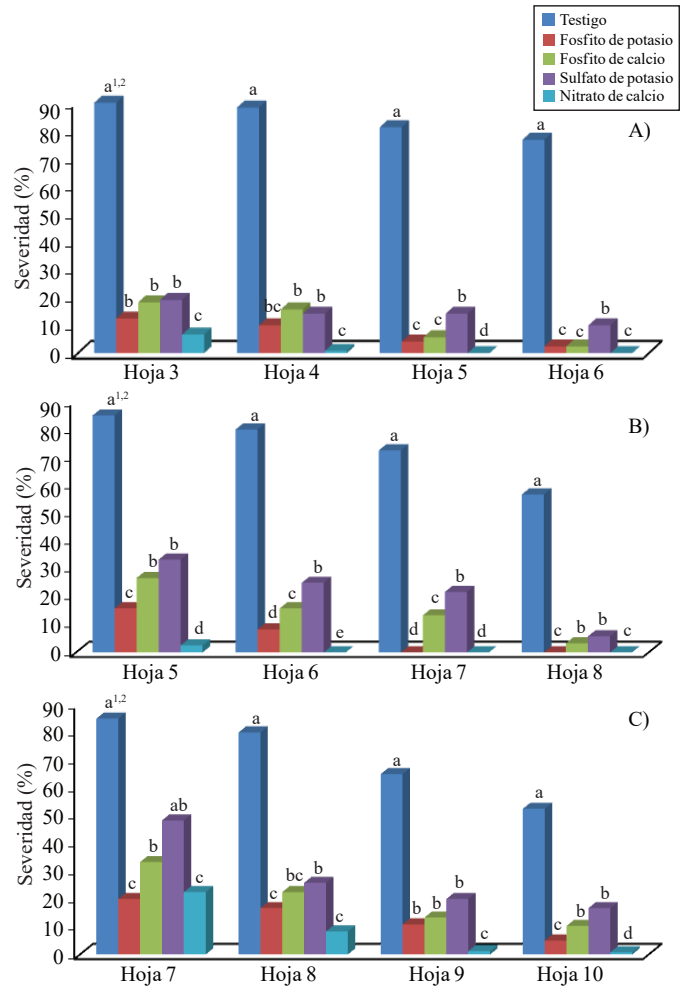


Figura 1. Severidad de cenicienta (*Oidium* sp.) en plantas de pepino cv 'Zapata' a los 21 (A), 28 (B) y 35 (C) días después de la primera aplicación. ¹Media sustituyendo suma de rangos. ²Medias con diferente literal en el mismo grupo de columnas son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$), según la prueba de Friedman. Cada cifra representa el promedio de seis repeticiones.

Figure 1. Severity powdery mildew (*Oidium* sp.) on cucumber plants cv 'Zapata' at 21 (A), 28 (B) and 35 (C) days after the first application. ¹Average replacing rank sum. ²Medias with different literal in the same column group are statistically different ($p \leq 0.05$), according to the Friedman test. Each figure represents the average of six repetitions.

La menor efectividad en el control de la enfermedad se obtuvo con SP. El nivel de daño por la enfermedad obtenida con SP fue ligeramente inferior a la encontrada en las plantas testigo. La eficacia de SP para disminuir la severidad de la enfermedad fue mejor que la eficacia para disminuir la incidencia. Estos resultados coinciden con lo descrito por Yáñez *et al.* (2012), quienes utilizaron sales minerales (fosfatomonopotásico y cloruro de potasio) para el control de la cenicilla del pepino.

No se manifestaron síntomas de fitotoxicidad en las plantas, por efectos de las sales inorgánicas, lo cual es indicativo de que la periodicidad con que fueron aplicados los tratamientos fue la adecuada.

A pesar de que por efecto de las sales se logró reducir el daño de la cenicilla en pepino, tal efecto no se reflejó en el incremento del número de hojas, altura de plantas, verdor y área foliar durante el crecimiento y desarrollo de las plantas de pepino. Estos resultados podrían deberse a que el sustrato en el que se desarrollaron las plantas proveyó los suficientes nutrimentos, de tal manera que las sales de calcio y potasio, comúnmente utilizadas en la fertilización foliar para corregir deficiencias nutrimentales que se expresan cuando en el suelo no existen las cantidades suficientes de nutrientes, no tuvieron efecto significativo en el crecimiento y desarrollo de las plantas; según Kannan (1986), Marschner (1995), Trinidad y Aguilar (1999), donde dichas sales inciden directamente en el estado nutrimental, y en consecuencia, en la tasa de absorción y en el crecimiento de las plantas.

Los resultados obtenidos muestran que las sales inorgánicas disminuyen la incidencia y severidad de la cenicilla en pepino. La evidencia documentada explica que los efectos contra el desarrollo de enfermedades se debe a que las sales inorgánicas al ser aplicadas en plantas cultivadas, pueden actuar de manera directa sobre el crecimiento, desarrollo y reproducción de los patógenos (Biggs *et al.*, 1997; Campanella *et al.*, 2002; Chardonnet *et al.*, 2000; Tian *et al.*, 2002; Sugimoto *et al.*, 2005; Sugimoto *et al.*, 2008; Lim *et al.*, 2013) e indirecta al mejorar los mecanismos de defensa estructural (Schober y Verneulen, 1999; Manganaris *et al.* 2005; Benson *et al.*, 2009; Jiang *et al.*, 2013; Serrano *et al.*, 2013) y bioquímica en las plantas (Yandoc-Ables *et al.*, 2007; Amiri y Bompeix, 2007; Deliopoulos *et al.*, 2010; Anderson *et al.*, 2012; Lim *et al.*, 2013).

Los reportes acerca del efecto de las sales minerales contra fitopatógenos del follaje y raíces de plantas cultivadas son numerosos y aunque su eficacia es generalmente menor que

Inorganic salts of the four tested, the greater effectiveness in controlling powdery mildew was obtained NCa, protection shown numerically greater than that reported by Dios *et al.* (2006), who documented 10% reduction of the severity of *Bremia lactucae* by applying silicon and NCa to the foliage lettuce. Similar results to those found in this research were obtained when NCa nutrient solution in order to reduce damage added: *Botrytis cinerea* in rose (Volpin and Elad, 1991), *Phytophthora erythroseptica* in potato (Benson *et al.*, 2009) and *Ralstonia solanacearum* in tomato (Yamazaki and Hoshina, 1995; Jiang *et al.*, 2013). It is noted that the effectiveness in controlling powdery mildew of cucumber by foliar application of NCa not been documented.

The FP and FCa, the incidence and severity of the disease decreased compared with control plants. The potassium phosphite improved the efficiency obtained with FCa, as in all cases with FP severity levels were lower than those obtained with FCa (Figure 1) and the number of diseased leaves and the incidence of powdery mildew were also lower (Tables 1 and 2). The results obtained with FP corroborate those reported by Yáñez *et al.* (2012), which succeeded in applying FP foliar control powdery mildew in cucumber levels above 40%. Similar results were reported by Bécot *et al.* (2000) to *Peronospora parasitica* in cauliflower; Monsalve *et al.* (2012) to *Peronospora destructor* in onions and Pinto *et al.* (2012) to *Plasmopara viticola* on vine.

The less effective in controlling disease was obtained with SP. The level of disease damage SP obtained was slightly lower than that found in control plants. The SP effective to lessen the severity of the disease was better than the effectiveness in reducing the incidence. These results are consistent with that described by Yáñez *et al.* (2012) who used minerals (monopotassium phosphate and potassium chloride) to control powdery mildew of cucumber.

They no symptoms of phytotoxicity was expressed in plants, for purposes of inorganic salts, which is indicative that the frequency with which treatments were applied was adequate.

Although the effect of the salts are able to reduce the damage of powdery mildew on cucumber, this effect was not reflected in the increase in the number of leaves, plant height, green and leaf area during growth and development of plants cucumber. These results could be due to the soil in which the plants developed provided sufficient nutrients, such that the calcium salts and potassium commonly used

la de los fungicidas convencionales y no los podrían sustituir por completo (Deliopoulos *et al.*, 2010), su integración como parte de un programa de manejo integrado puede permitir la disminución del número de aplicaciones de fungicidas y reducir la posibilidad de generar resistencia a fungicidas por los hongos.

Conclusiones

El nitrato de calcio y fosfito de potasio resultaron ser las sales más eficaces para disminuir el daño por cenicilla (*Oidium* sp.) en plantas de pepino, en comparación con fosfito de calcio y sulfato de potasio. Las dosis adecuadas para el control son a razón de 20 g L⁻¹ y 6 mL L⁻¹ de agua para nitrato de calcio y fosfito de potasio, respectivamente, y pueden ser utilizadas como alternativas de bajo impacto ambiental para el control de la cenicilla en pepino.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y a la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) por la beca otorgada durante los estudios de doctorado del primer autor.

Literatura citada

- Abbasi, P. A. and Lazarovits, G. 2006. Seed treatment with phosphonate (AG3) suppresses *Pythium* damping-off of cucumber seedlings. *Plant Disease*. 90:459-464.
- Akinsanmi, O. A. and Drenth, A. 2013. Phosphite and metalaxyl rejuvenate macadamia trees in decline caused by *Phytophthora cinnamomi*. *Crop Protection*. 53:29-36.
- Amiri, A. and Bompeix, G. 2007. Control of *Penicillium expansum* with potassium phosphite and heat treatment. *Crop Protection*. 30:222-227.
- Anderson, J. M.; Pegg, K. G. and Scott, C. and Drenth, A. 2012. Phosphonate applied as a pre-plant dip controls *Phytophthora cinnamomi* root and heart rot in susceptible pineapple hybrids. *Austr. Plant Pathol.* 41:59-68.
- Barnett, H. L. and Hunter, B. B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. Saint Paul, Minnesota. APS Press. 124 p.
- Bécot, S.; Pajot, E.; Le Corre, D.; Monot, C. and Silué, D. 2000. Phytogard (K₂HPO₃) induces localized resistance in cauliflower to downy mildew of crucifers. *Crop Protection*. 19:417-425.
- Benson, J. H.; Geary, B.; Miller, J. S.; Jolley, V. D.; Hopins, B. G. and Stevens, M. R. 2009. *Phytophthora erythroseptica* (Pink Rot) development in russet norkotah potato grown in buffered hydroponic solutions I. calcium nutrition effects. *Am. J. Potato Res.* 86:466-471.

in foliar feeding for correcting nutritional deficiencies that are expressed when the ground does not exist sufficient amounts of nutrients, had no significant effect on growth and development of plants; according Kannan (1986), Marschner (1995), Trinidad and Aguilar (1999), where such salts directly affect the nutritional state, and consequently, the absorption rate and the growth of plants.

The results show that the inorganic salts decrease the incidence and severity of powdery mildew in cucumber. Documented evidence explains that the effect against the development of diseases is because the inorganic to be applied to crop plants salts, can act directly on the growth, development and reproduction of pathogens (Biggs *et al.*, 1997; Chardonnet *et al.*, 2000; Campanella *et al.*, 2002; Tian *et al.*, 2002; Sugimoto *et al.*, 2005; Sugimoto *et al.*, 2008; Lim *et al.*, 2013) and indirectly by improving the mechanisms of structural defense (Schober and Verneulen, 1999; Manganaris *et al.* 2005; Benson *et al.*, 2009; Jiang *et al.*, 2013; Serrano *et al.*, 2013) and biochemistry in plants (Yandoc-Ables *et al.*, 2007; Amiri and Bompeix, 2007; Deliopoulos *et al.*, 2010; Anderson *et al.*, 2012; Lim *et al.*, 2013).

The reports about the effect of minerals against phytopathogenic of foliage and roots of cultivated plants are numerous and although its effectiveness is generally less than that of conventional fungicides and not could completely replace (Deliopoulos *et al.*, 2010), its integration as part of an integrated management program may enable reduction in the number of fungicide applications and reduce the possibility of generating fungicide resistance by fungi.

Conclusions

The calcium nitrate and potassium phosphite proved most effective salts to reduce damage mildew (*Oidium* sp.) on cucumber plants, compared to calcium phosphite and potassium sulfate. Formulations suitable for controlling doses are at 20 g L⁻¹ and 6 mL L⁻¹ water to calcium nitrate and potassium phosphite, respectively, and can be used as alternative low environmental impact for the control of powdery mildew in cucumber.

End of the English version



- Biggs, A. R.; El Kholi, M. M.; El Neshawy, S. and Nickerson, R. 1997. Effects of calcium salts on growth, polygalacturonase activity, and infection of peach fruit by *Monilinia fructicola*. *Plant Dis.* 81:399-403.
- Blanco, F. and Folegatti, M. 2003. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. *Horticultura Brasileira.* 21:666-669.
- Campanella, V.; Ippolito, A. and Nigro, F. 2002. Activity of calcium salts in controlling *Phytophthora* root rot of citrus. *Crop Protection.* 21:751-756.
- Castillo, M. L. E. 2000. Introducción a la estadística experimental. Universidad Autónoma Chapingo. (UACH). 120 p.
- Cerioni, L.; Rapisarda, V. A.; Doctor, J.; Fikkert, S.; Ruiz, T.; Fassel, R. and Smilanick, J. L. 2013. Use of phosphite salts in laboratory and semicommercial tests to control citrus postharvest decay. *Plant Dis.* 97:201-212.
- Chardonnet, C. O.; Sams, C. E.; Trigiano, R. N. and Conway, W. S. 2000. Variability of three isolates of *Botrytis cinerea* affects the inhibitory effects of calcium on this fungus. *Phytopathology.* 90:769-774.
- Deliopoulos, T.; Kettlewell, P. S. and Hare, M. C. 2010. Fungal disease suppression by inorganic salts: a review. *Crop Protection.* 29: 1059-1075.
- Dik, A. J.; Gaag, D.J. and Slooten, M. A. 2002. Efficacy of salts against fungal diseases in glasshouse crops. *Comm. Agric. Appl. Biol. Sci.* 68:475-485.
- Dios, D. O. I.; Sandoval, S. M.; Rodríguez, M. M. y Cárdenas, S.E. 2006. Aplicaciones foliares de calcio y silicio en la incidencia de mildiu en lechuga. *Terra Latinoam.* 24:91-98.
- Elmer, P. A. G.; Spiers, T. M. and Wood, P. N. 2007. Effects of pre harvest foliar calcium spray on fruit calcium levels and brown rot of peaches. *Crop Protec.* 26:11-18.
- Félix, G. R.; Apodaca, S. M. A.; Martínez, V. M. C. y Espinosa, M. S. 2005. *Podosphaera* Sect. *Sphaerotheca xanthii* (Castagne). Brawn, U. y Shishkoff, N. en cucurbitáceas en el norte de Sinaloa, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 23:162-168.
- Glawe, D.A. 2008. The powdery mildews: a review of the world's most familiar (yet poorly known) plant pathogens. *Annual Review Phytopathology.* 46:27-41.
- Jackson, T. J.; Burgess, T.; Colquhoun, I. and Hardy, G. E. S. T. J. 2000. Action of the fungicide phosphate on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. *Plant Pathol.* 49:147-154.
- Jiang, J. F.; Li, J. G. and Dong, Y. H. 2013. Effect of calcium nutrition on resistance of tomato against bacterial wilt induced by *Ralstonia solanacearum*. *Eur. J. Plant Pathol.* 136:547-555.
- Kannan, H. 1986. Foliar absorption and transport of inorganic nutrients. *Critical Reviews Sciences.* 4:341-375.
- Lim, S.; Borza, T.; Peters, R. D.; Coffin, R. H.; Al, M. K. I.; Pinto, D. M. and Wang, P. G. 2013. Proteomics analysis suggests broad functional changes in potato leaves triggered by phosphites and a complex indirect mode of action against *Phytophthora infestans*. *J. Proteomic.* 93:207-223.
- Lobato, M. C.; Olivieri, F. P.; González, A. E. A.; Wolski, E. A.; Daleo, G. R.; Caldiz, D. O. and Andreu, A. B. 2008. Phosphite compounds reduce disease severity in potato seed tubers and foliage. *Eur. J. Plant Pathol.* 122:349-358.
- Manganaris, G. A.; Vasilakakis, M.; Mignani, I.; Diamantidis, G. and Tzavella, K. K. 2005. The effect of preharvest calcium sprays on quality attributes, physicochemical aspects of cell wall components and susceptibility to brown rot of peach fruits (*Prunus persica* L. cv. Andross). *Scientia Hort.* 107:43-50.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd (Ed.). Academic Press. London, UK. 175 p.
- McGrath, M.T. 2004. What are fungicides? The plant health instructor. The American Phytopathological Society.
- Monsalve, V.; Viteri, R. S. E.; Rubio, C. N. J. and Tovar, D. F. 2012. Efectos del fosfito de potasio en combinación con el fungicida metalaxyl+mancozeb en el control de Mildeo velloso (*Peronospora destructor* Berk) en cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín.* 65:6317-6325.
- Oka, Y.; Tkachi, N. and Mor, M. 2007. Phosphite inhibits development of the nematodes *Heterodera avenae* and *Meloidogyne marylandi* in cereals. *Phytopathology.* 97:396-404.
- Olivieri, F. P.; Feldman, M. L.; Machinandiarena, M. F.; Lobato, M. C.; Caldiz, D. O.; Dalo, G. R. and Andreu, A. B. 2012. Phosphite applications induce molecular modifications in potato tuber periderm and cortex that enhance resistance to pathogens. *Crop Protec.* 32:1-6
- Pérez, A. R.; García, E. R. S.; Carrillo, F. J. A.; Angulo, E. M. A.; Valdez, T. J. B.; Muy, R. M. D.; García L. A. M. y Villareal, R. M. 2010. Control de cenicilla (*Sphaerotheca fuliginea* Schlechtend.:fr. Pollaci) con aceites vegetales y sales minerales en pepino de invernadero en Sinaloa, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 28:17-24.
- Pilbeam, R. A.; Howard, K.; Shearer, B. L. and Hardy, G. E. J. 2011. Phosphite stimulated histological responses of *Eucalyptus marginata* to infection by *Phytophthora cinnamomi*. *Trees.* 25:1121-1131.
- Pinto, K. M. S.; Do Nascimento, L. C.; Gomes, E. C. D.; Da Silva, H. F. and Miranda, J. D. 2012. Efficiency of resistance elicitors in the management of grapevine downy mildew *Plasmopara viticola*: epidemiological, biochemical and economic aspects. *Eur. J. Plant Pathol.* 134:745-754.
- Ramírez, G. M. E. y López, T. Q. 1993. Métodos estadísticos no paramétricos. Chapingo, Estado de México. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). 85 p.
- Reuveni, R.; Dor, G.; Raviv, M.; Reuveni, M. and Tuzun, S. 2000. Systemic resistance against *Sphaerotheca fuliginea* in cucumber plants exposed to phosphate in hydroponics system, and its control by foliar spray of mono-potassium phosphate. *Crop Protection.* 19:355-361.
- Schober, B. M. and Verneulen, T. 1999. Enzymatic maceration of witloof chicory by the soft rot bacteria *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*: the effect of nitrogen and calcium treatments of the plant on pectic enzyme production and disease development. *Eur. J. Plant Pathol.* 105:341-349.
- Serrano, M. S.; Fernández, R. P.; De Vita, P. and Sánchez, M. E. 2013. Calcium mineral nutrition increases the tolerance of *Quercus ilex* to *Phytophthora* root disease affecting oak rangeland ecosystems in Spain. *Agroforestry Systems.* 87:173-179.
- Silva, O. C.; Santos, H. A. A.; Dalla-Pria, M. and May-De Mio, L. L. 2011. Potassium phosphite for control of downy mildew of soybean. *Crop Protection.* 30:598-604.

- Smillie, R.; Grant, B. R. and Guest, D. 1989. The mode of action of phosphite: evidence for both direct and indirect modes of action on three *Phytophthora* spp. in plants. *Phytopathology*. 79:921-926.
- Sugimoto, T.; Aino, M.; Sugimoto, M. and Watanabe, K. 2005. Reduction of *Phytophthora* stem rot disease on soybeans by the application of CaCl_2 and $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. *Phytopathol.* 153:536-543.
- Sugimoto, T.; Watanabe, K.; Yoshida, S.; Aino, M.; Irie, K.; Matoh, T. and Biggs, A. R. 2008. Select calcium compounds reduce the severity of *Phytophthora* stem rot of soybean. *Plant Dis.* 92:1559-1565.
- Tian, S.P.; Fan, Q.; Xu, Y. and Jiang, A. L. 2002. Effects of calcium on biocontrol activity of yeast antagonists against the postharvest fungal pathogen *Rhizopus stolonifer*. *Plant Pathol.* 51:352-358.
- Trinidad, S. A. y Aguilar, M. D. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra.* 17:247:255.
- Volpin, H. and Elad, Y. 1991. Influence of calcium nutrition on susceptibility of rose flowers to *Botrytis* blight. *Phytopathology*. 81:1390-1394.
- Wilkinson, C.J.; Holmes, J.M.; Tynan, K.M.; Colquhoun, I.J.; McComb, J.A.; Hardy, G.E.S.T.J. and Dell, B. 2001. Ability of phosphite applied in a glasshouse trial to control *Phytophthora cinnamomi* in five plant species native to Western Australia. *Austr. Plant Pathol.* 30:343-351.
- Yamazaki, H. and Hoshina, T. 1995. Calcium nutrition affects resistance of tomato seedlings to bacterial wilt. *HortSci.* 30:91-93.
- Yandoc-Ables, C.B.; Roskopf, E.N. and Lamb, E.M. 2007. Management of *Phytophthora* crown rot in pumpkin and zucchini seedlings with phosphonates. *Plant Disease.* 91:1651-1656. doi:10.1094/PDIS-91-12-165
- Yáñez, J.M.G.; Ayala, T.F.; Partida, R.L.; Velázquez, A.T.; Godoy, A.T.P. & Díaz, V.T. 2014. Efecto de bicarbonatos en el control de cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino (*Cucumis sativus* L.). *Rev. Mex.Cienc. Agríc.* 5:991-1000.
- Yáñez, J.M.G.; León, D.J.F.; Godoy, A.T.P.; Gastélum, L.R.; López, M.M.; Cruz, O.J.E. & Cervantes, D.L. 2012. Alternativas para el control de la cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino (*Cucumis sativus* L.). *Rev. Mex.Cienc. Agríc.* 3:259-270.