

Control de Cenicilla (*Sphaerotheca fuliginea* Schlechtend.:Fr, Pollaci) con Aceites Vegetales y Sales Minerales en Pepino de Invernadero en Sinaloa, México.

Powdery Mildew (Sphaerotheca fuliginea Schlechtend.:Fr, Pollaci) Control with Vegetable Oils and Mineral Salts on Cucumber Growing in Greenhouse in Sinaloa, México.

Raymundo Pérez-Ángel, Universidad Autónoma de Sinaloa, Unidad Técnica de Apoyo a la Investigación, Josefa Ortiz de Domínguez s/n, Ciudad Universitaria, Culiacán, Sinaloa, México CP 80010; **Raymundo Saúl García-Estrada**, **José Armando Carrillo-Fasio**, **Miguel Ángel Angulo-Escalante**, **José Benigno Valdez-Torres**, **María Dolores Muy-Rangel**, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Culiacán, km 5.5 Carr. Culiacán-ElDorado, Apdo. Postal 32-A, Culiacán, Sinaloa, CP 80129. **Alejandro Manelick García-López**, Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas. Ejido Nuevo León, Valle de Mexicali, B. C. y **Manuel Villarreal-Romero**, Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Agronomía, Carr. Culiacán-El Dorado, Km 17.5 Culiacán, Sinaloa. Correspondencia: rsgarcia@ciad.mx.

(Recibido: Noviembre 16, 2008 Aceptado: Abril 10, 2010)

Pérez-Ángel, Raymundo, García-Estrada, Raymundo Saúl, Carrillo-Fasio, José Armando, Angulo-Escalante, Miguel Ángel, Valdez-Torres, José Benigno, Muy-Rangel, María Dolores, García-López, Alejandro Manelick, y Villarreal-Romero, Manuel. 2010. Control de Cenicilla (*Sphaerotheca fuliginea* Schlechtend.:Fr, Pollaci) con Aceites Vegetales y Sales Minerales en Pepino de Invernadero en Sinaloa, México. Revista Mexicana de Fitopatología 28:17-24.

Resumen. Se comparó el efecto de seis productos biocompatibles sobre el desarrollo de *Sphaerotheca fuliginea* en plantas de pepino cv. Borja en dos épocas de cultivo. Se trataron semanalmente las plantas con aspersiones o soluciones de aceites de girasol, oliva y neem, bicarbonato de potasio, silicato de potasio y fosfato monobásico de potasio, comparándose contra azoxystrobin. Los tratamientos más efectivos en reducir la severidad de daño de cenicilla en el follaje de pepino fueron los que contenían las dosis altas de silicato de potasio, bicarbonato de potasio, aceite de oliva, fosfato de potasio y aceite de neem, con un grado de control similar al azoxystrobin. El bicarbonato de potasio, silicato de potasio y los aceites vegetales presentaron fitotoxicidad. El grado de control de la cenicilla por productos fue menor en la etapa de cultivo donde se presentaron temperaturas más altas.

Palabras clave adicionales: fungicida, silicato, bicarbonato, fosfato,

Pérez-Ángel, Raymundo, García-Estrada, Raymundo Saúl, Carrillo-Fasio, José Armando, Angulo-Escalante, Miguel Ángel, Valdez-Torres, José Benigno, Muy-Rangel, María Dolores, García-López, Alejandro Manelick, y Villarreal-Romero, Manuel. 2010. Powdery Mildew (*Sphaerotheca fuliginea* Schlechtend.:Fr, Pollaci) Control with Vegetable Oils and Mineral Salts on Cucumber Growing in Greenhouse in Sinaloa, México. Revista Mexicana de Fitopatología 28:17-24.

Abstract. The effect of biocompatible products on the growth of cucumber powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) was evaluated. Plants were treated with dispersions or solutions of sunflower, olive and neem oils and potassium bicarbonate, potassium silicate and monopotassium phosphate, and compared with azoxystrobin. The most effective treatments for reducing the severity of powdery mildew damage in the cucumber foliage were those that contained the higher doses of potassium silicate, potassium bicarbonate, olive oil, monopotassium phosphate and neem oil showed a disease severity similar to azoxystrobin. Potassium bicarbonate, potassium silicate and oils were phytotoxic. Disease control was worse on climatic conditions with higher temperatures.

Additional keywords: Fungicide, silicate, bicarbonate, phosphate.

INTRODUCCIÓN

En México, el estado de Sinaloa es el mayor productor de hortalizas a nivel nacional. Entre los cultivos más importantes sobresalen el pepino y calabaza, los cuales aportan aproximadamente el 20% del total de la producción de hortalizas (SIAP, 2004, CAADES, 2008). Sin embargo, el ataque de enfermedades fungosas como la cenicilla disminuyen drásticamente el rendimiento y calidad de los frutos (Abbod y Lösel, 2003). En pepino, melón, sandía y calabaza, la cenicilla es ocasionada por *Erysiphe cichoracearum* DC y *Sphaerotheca fuliginea* Fr, Pollaci (Blancard *et al.*, 1991, Glawe, 2008). Para el control de esta enfermedad se han utilizado tradicionalmente fungicidas sintéticos; sin embargo, éstos productos representan un riesgo para el ambiente y la salud (NAC, 2000), lo que ha provocado políticas sanitarias más severas en el uso de agroquímicos por parte de las agencias reguladores de diversos países. Además, se ha reportado que el uso continuo de estos productos es cada vez menos efectivo, debido a la aparición de cepas resistentes de hongos (Georgopoulos, 1986; McGrath, 2001). Aunado a ello, las condiciones microclimáticas de un invernadero favorecen la diseminación de enfermedades fungosas, lo que obliga a aplicaciones continuas de agroquímicos, lo cual resulta muy costoso (Horst *et al.*, 1992). Lo anterior ha propiciado la búsqueda de alternativas de control, denominadas “biocompatibles” (Horst *et al.*, 1992). Entre las opciones que se han estudiado para reducir el uso de agroquímicos se encuentran los compuestos inorgánicos como bicarbonato de sodio y de potasio, utilizados en el control de cenicilla de calabaza (*Cucurbita pepo* L) y rosál (*Rosax centifolia* L) (Horst *et al.*, 1992; Ziv y Zitter, 1992). El silicato de potasio se ha aplicado con éxito en pepino europeo (*Cucumis sativus* L) (Menzies *et al.*, 1992; Belanger *et al.*, 1995), y el fosfato monopotásico se ha utilizado en el control de cenicilla de calabacita (*Cucurbita pepo* L) (Reuveni *et al.*, 1995). También se han encontrado referencias de la utilización de algunos aceites vegetales como oliva (*Olea europea* L), jojoba (*Simmondsia chinensis* Schneider) soya (*Glicine max* L), girasol (*Heliantus annus* L) y neem (*Azadarichata indica* L) en el control de estos hongos. Al respecto, Cheah y Cox (1995), reportaron el uso de aceite de oliva, jojoba y soya para controlar el crecimiento de cenicilla en calabacita. El aceite de neem se ha aplicado para el control de cenicilla en rosál (Pasini *et al.*, 1997) y el de girasol en tomate (Ko *et al.*, 2003). Por otro lado, se ha demostrado que algunos productos biocompatibles que son efectivos en ciertos cultivos y climas pueden ser ineficaces en otras condiciones, en especial cuando la temperatura promedio es elevada (Schuerger y Hammer, 2003), como podría suceder en nuestro país y en especial el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue estudiar la efectividad biológica de diversos productos biocompatibles para el control de la cenicilla en pepino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y métodos de cultivo. En el CIAD, Unidad Culiacán, se germinó semilla de pepino europeo del híbrido

INTRODUCTION

The state of Sinaloa is the main vegetable producer in Mexico. Cucumber and pumpkin stand out among some of the most important crops, providing 20% of the total vegetable production (SIAP, 2004, CAADES, 2008). Nevertheless, a drastic decrease on yield and fruit quality is revealed due to the attack of fungal diseases, such as powdery mildew (Abbod and Lösel, 2003). The powdery mildew on cucumber, melon, watermelon and squash is caused by *Erysiphe cichoracearum* DC and *Sphaerotheca fuliginea* Fr, Pollaci (Blancard *et al.*, 1991, Glawe, 2008). Synthetic fungicides have been traditionally used for the control of this disease; however, such products represent a risk for the environment and health (NAC, 2000), causing more severe health policies, thus. It has also been reported that a lack of effectiveness has been revealed by the progressive utilization of these products, due to the emergence of fungi resistant strains (Georgopoulos, 1986; McGrath, 2001). Furthermore, a greenhouse microclimate favors the spreading of fungal diseases, requiring a continuous application of agrochemicals, which is rather expensive (Horst *et al.*, 1992). This has led to the search for alternative control called “biocompatible” (Horst *et al.*, 1992). Among the options that have been studied to decrease the agrochemicals utilization, prevails the use of inorganic compounds such as sodium and potassium bicarbonate, which are used to control pumpkin and rose powdery mildew (Horst *et al.*, 1992; Ziv and Zitter, 1992). The potassium silicate has been successfully applied on European cucumber (Menzies *et al.*, 1992; Belanger *et al.*, 1995); the monopotassium phosphate has been used for the powdery mildew control on squash (Reuveni *et al.*, 1995). Also, references have been found for the use of some vegetable oils, such as olive, jojoba, soybean, sunflower and neem for the control of these fungi. Cheah and Cox (1995) reported using olive, jojoba, and soybean oil to control mildew growth on squash. Neem oil has been applied for mildew control on rose (Pasini *et al.*, 1997) and sunflower oil on tomato (Ko *et al.*, 2003). Conversely, it has been revealed that some biocompatible products effective in certain crops and climates may become ineffective under different climate conditions when the average temperature is high (Schuerger and Hammer, 2003), as it could be the case in Mexico, especially in the Valle de Culiacán, Sinaloa, Mexico. Consequently, the present study is aimed to evaluate the biological effectiveness of some biocompatible products for the control of powdery mildew growth on cucumber.

MATERIALS AND METHODS

Vegetable material and cultivation method. European cucumber seeds Borja were germinated in peat substrate (Sogemix-VTM, Québec, Canadá) at CIAD facilities, Culiacán Unit. When the seedlings had one true leaf, they were transplanted to 25 x 45 cm plastic bags with 5 kg of the mixture with a portion of the previous substrate and two portions of sandy soil treated with steam at 100°C for 150 min. The plants were kept under shade house type greenhouse conditions and fertilized with a solution conformed by calcium nitrate (CaNO₃), phosphate monopotassium

Borja en sustrato de turba (Sogemix-VTM, Québec, Canadá). Cuando las plántulas presentaban una hoja verdadera, se transplantaron a bolsas de plástico de 25 x 45 cm, con 5 kg de la mezcla de una parte del sustrato anterior y dos partes de tierra arenosa tratada con vapor a 100°C por 150 min. Las plantas se mantuvieron en condiciones de invernadero tipo casa sombra y diariamente se nutrieron con una solución compuesta por nitrato de calcio (CaNO_3), fosfato monopotásico (KH_2PO_4) y sulfato de magnesio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), calculada para aportar 235 ppm de N, 94 ppm de P, 150 ppm de K, 61 ppm de S, 183 ppm de Ca y 47 ppm de Mg. La solución nutritiva fue incorporada mediante riego por goteo.

Infección e identificación del hongo. Cuando las plantas de pepino presentaron tres hojas verdaderas bien desarrolladas, se intercalaron 21 plantas que previamente habían desarrollado la enfermedad en forma natural. Las plantas sanas se colocaron en siete hileras de 12 plantas cada una, con una planta enferma con cenicilla por cada tres plantas sanas. La separación entre hileras fue de 75 cm y la distancia entre plantas de la misma hilera fue de 50 cm, totalizando 84 plantas. Las condiciones de temperatura y humedad relativa fueron registradas utilizando un termómetro e higrómetro marca HOB0 Pro Series Modelo 8. Para la identificación del hongo, se observaron las características morfológicas de los conidios obtenidos de plantas con síntomas de la enfermedad. Para ello, se fijaron los conidios en un portaobjetos y se tiñeron por 10 min con una solución con 5 ppm de eosina amarillenta. Se utilizó un microscopio biológico compuesto modelo CX R4 marca Labomed, en él se observaron las características conidiales descritas por Boesewinkel (1980), para identificar la especie.

Tratamientos. En dos diferentes fechas de siembra, se evaluó el efecto de dos concentraciones de tres sales minerales

(KH_2PO_4) and magnesium sulfate ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), calculated to provide 235 ppm of N, 94 ppm of P, 150 ppm of K, 61 ppm of S 183 ppm of Ca and 47 ppm of Mg. The nutrient solution was applied by drip irrigation.

Fungus infection and identification. As the cucumber plants revealed three fully developed true leaves, 21 plants, which had previously developed the disease naturally, were inserted. The healthy plants were placed in seven rows of 12 plants each, planting a sick powdery mildew plant every three healthy plants. The distance between rows was 75 cm and the distance between plants was 50 cm, with a total of 84 plants. Both temperature conditions and relative humidity were registered using a thermometer-hygrometer HOB0 brand Pro series Model 8. The morphological characteristics of conidia from plants with symptoms of this disease were observed, for fungus identification. The conidia were set on a slide and stained for 10 min with a solution (5 ppm) of yellowish eosin. A biological microscope model CXR4 Labomed brand was used. The conidial characteristics described by Boesewinkel (1980), were observed through it, looking forward to reach the species identification.

Treatments. The effect two concentrations of three mineral salts (potassium bicarbonate, potassium silicate and monopotassium phosphate) and three vegetable oils (olive, sunflower and neem) on powdery mildew was evaluated in two different planting dates. A treatment with azoxystrobin and a control without product were added (Table 1). All treatments, including the control, were diluted in distilled water adding 0.05% of Tween 80 as dispersant. Treatments were assigned completely at random using 6 plants per treatment, and six leaves were evaluated per plant.

Disease evaluation. Early in the presence of the disease symptoms, the first assessment of the damage index was

Cuadro 1. Productos aplicados a plantas de pepino (*Cucumis sativus*) del híbrido Borja para el control de *Sphaerotheca fuliginea* en hojas.

Tabel 1. Applied products on cucumber plants (*Cucumis sativus*) hybrid Borja for the control of *Sphaeroteca fulginea* on leaves.

Tratamiento	Producto	Ingrediente activo	Dosis (g/L)	% de ing. activo
BIC2	Bicarbonato de potasio	100 bicarbonato de potasio	10.00	1.000
BIC1	Bicarbonato de potasio	100 bicarbonato de potasio	5.00	0.500
SIL2	Silicato de potasio (Kasil 1)	29.1 de silicato de potasio (8.3 K ₂ O y 20.8 de SiO ₂)	18.90	0.550
SIL1	Silicato de potasio (Kasil 1)	29.1 de silicato de potasio (8.3 K ₂ O y 20.8 de SiO ₂)	9.45	0.275
FOS2	Fosfato de potasio monobásico	100 KH ₂ PO ₄	10.00	1.000
FOS1	Fosfato de potasio monobásico	100 KH ₂ PO ₄	5.00	0.500
GIR2	Aceite de girasol	100 aceite de girasol	10.00	1.000
GIR1	Aceite de girasol	100 aceite de girasol	5.00	0.500
OLI2	Aceite de oliva	100 aceite de oliva virgen	10.00	1.000
OLI1	Aceite de oliva	100 aceite de oliva virgen	5.00	0.500
NEE2	Emulsión aceite de neem	25 aceite de neem	40.00	1.000
NEE1	Emulsión aceite de neem	25 aceite de neem	20.00	0.500
AZO	Azoxystrobin (Amistar)	50 ingrediente activo		0.100
TES	Testigo	Agua		

(bicarbonato de potasio, silicato de potasio y fosfato monopotásico) y tres aceites vegetales (oliva, girasol y neem). Se agregó un tratamiento con azoxystrobin y un testigo sin producto (Cuadro 1). Todos los tratamientos, incluyendo el testigo se diluyeron en agua destilada, añadiéndose 0.05% de Tween 80 como dispersante. Los tratamientos fueron asignados totalmente al azar utilizando 6 plantas por tratamiento y evaluándose seis hojas por planta.

Evaluación de la enfermedad. Al inicio de la presencia de los síntomas de la enfermedad, se realizó la primera evaluación del índice del daño, utilizándose para ello una escala arbitraria con valores de 0 a 4 propuesta por Fujiwara y Fujii (2002), donde 0= no daño, 1= menos de 5% de la superficie de la hoja dañada, 2= de 5 a 25%, 3= de 26 a 50% y 4= más del 50% de la superficie dañada de la hoja. Los índices de daño de cada hoja se convirtieron a severidad por planta de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$S = 100 (0 n_0 + 1 n_1 + 2 n_2 + 3 n_3 + 4 n_4) / 4N \quad (1)$$

Donde S es la severidad de daño por planta, 0 a 4 son las escalas de daño, n_0 a n_4 son el número de hojas con el correspondiente valor 0 a 4, N es el número total de hojas evaluadas por planta, es decir seis. La severidad se evaluó tres veces, una cada semana, inmediatamente antes de cada aplicación. Las fechas de evaluación fueron para la primera etapa 15, 23, 30 de diciembre de 2003 y 6 de enero de 2004. En la segunda etapa las evaluaciones se realizaron el 26 de marzo, 2, 9 y 16 de abril de 2004. Los resultados se transformaron a porcentaje de control o efectividad biológica, lo cual se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$E = 100 (S_{tes} - S_{trat}) / S_{tes} \quad (2)$$

Donde E es el porcentaje de control o efectividad biológica, S_{tes} es el valor promedio de severidad de daño del testigo, S_{trat} es el valor promedio de severidad de daño del tratamiento correspondiente.

Aplicación de los productos. Inmediatamente después de la evaluación se hizo la primera aplicación de los productos. Para ello se utilizó un atomizador manual, agitando vigorosamente la mezcla antes de aplicar y rociando la superficie superior de las hojas hasta cubrirlas totalmente con el producto. Se hicieron tres aplicaciones con intervalos de una semana entre ellas. Las fechas de aplicación para la primera etapa fueron el 15, 23 y 30 de diciembre de 2003, y para la segunda etapa 26 de marzo, 2 y 9 de abril de 2004.

Análisis de datos. Los resultados de severidad de daño por cenicilla para cada planta se sometieron a un análisis de varianza utilizando paquete estadístico Statgraphics Centurion XV (Statpoint, 2005), utilizando un nivel de confianza de 95 % ($P = 0.05$). Cuando se encontraron diferencias significativas, se realizaron comparaciones múltiples de medias, mediante la prueba de rangos múltiples de Fisher para diferencias mínimas significativas (LSD, $p = 0.05$).

Fitotoxicidad al cultivo. Se evaluó el tipo y grado de daño al cultivo de pepino según la escala de puntuación de tipo subjetiva propuesta por EPPO (1987), donde 1= sin daño; 2= síntomas muy ligeros; 3= síntomas ligeros; 4= síntomas que no se reflejan en rendimiento; 5= daño medio; 6=daños elevados; 7= daños muy elevados; 8= daños severos; 9=

made by means of an arbitrary scale with values ranging from 0 to 4, as proposed by Fujiwara and Fuji (2002), where 0 = no damage; 1 = less than 5% of the leaf damaged surface; 2 = 5 to 25%; 3= from 26 to 50%; 4= more than 50% of the leaf damaged surface. The indexes of each leaf damage severity per plant were converted according to the following formula:

$$S = 100 (0 n_0 + 1 n_1 + 2 n_2 + 3 n_3 + 4 n_4) / 4N \quad (1)$$

Where S is the damage severity per plant, 0 to 4 are the damage scales, n_0 to n_4 are the number of leaves with their corresponding value from 0 to 4, and N is the total amount of evaluated leaves per plant, which is equal to six. The severity was evaluated three times, once a week, right before each application. The assessment dates for the first stage, were December 15th, 23rd, 30th, 2003 and January 6th, 2004. The assessments on the second stage were performed on March 26th, and April 2nd, 9th and 16th 2004. The results were transformed to control percentage or biological effectiveness, which became measured according to the following formula:

$$E = 100 (S_{tes} - S_{trat}) / S_{tes} \quad (2)$$

Where E is the control percentage or thee biological effectiveness; S_{tes} is the control damage severity average value; S_{trat} is the damage severity average value of the corresponding treatment.

Products application. The first product application was performed immediately after the assessment, and applied using a manual spray onto, as well, stirring the mixture was vigorously before applying and spraying the upper surface of the leaves to have them completely covered with the product. Three applications were carried out at intervals of one week between them. The application dates for the first stage were December 15th, 23rd and 30th 2003 and for the second stage were the 26th of March, 2nd and 9th of April, 2004.

Data analysis. The damage severity results by powdery mildew for each plant were subjected to a variance analysis using the Statgraphics Centurion XV (Statpoint, 2005) statistical package, utilizing a 95% ($P = 0.05$) confidence level. As significant differences were revealed, multiple comparisons of media were performed throughout the Fisher multiple range test for the significant minimal differences (LSD, $p = 0.05$).

Phytotoxicity to the crop. Both type and damage degree to the cucumber crop was evaluated in accordance to the subjective scale proposed by EPPO (1987), where 1= no damage; 2= very slight symptoms; 3= slight symptoms; 4= symptoms that are not reflected in yield; 5= middle damage; 6= high damage; 7= very high damage; 8= severe damage; 9= complete death.

RESULTS AND DISCUSSION

The fungus inducing cucumber powdery mildew was identified as *Sphaerotheca fuliginea* (emend. *Podosphaera xanthii*, Schlechtend.:Fr, Pollaci). The final damage severity results calculated according to the formula (1) are shown on Table 2. It was revealed in the first sowing date that the potassium silicate, potassium bicarbonate, olive, sunflower and neem oils resulted rather efficient to the highest concentration. The control degree from these treatments was similar to the azoxystrobin commercial control.

Muerte completa. El porcentaje de clorosis, necrosis, disminución de crecimiento y malformaciones, se determinó a los siete días después de la tercera aplicación (6 de enero de 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El hongo inductor de la cenicilla del pepino fue identificado como *Sphaerotheca fuliginea* (emend. *Podoasphaera xanthii*, Schlechtend.:Fr, Pollaci). En el Cuadro 2 se muestran los resultados de severidad de daño finales calculados de acuerdo a la fórmula (1). En la primera fecha de siembra se encontró que el silicato de potasio, bicarbonato de potasio, aceite de oliva, girasol y neem resultaron muy eficaces a la concentración mayor. El grado de control de estos tratamientos fue similar al del testigo comercial azoxystrobin. Sin embargo, la mejor efectividad en el control de la cenicilla se presentó en el tratamiento con la dosis más alta de silicato de potasio (Cuadro 2).

In contrast, the most relevant effectiveness for mildew control occurred in the treatment with the highest dose of potassium silicate (Table 2). A slightly lower control degree was revealed by the monopotassium phosphate, but still acceptable according to the Dooley criteria (1978), who considered a 70% control percentage to be sufficient in apple fungicide tests. All the products, except for the potassium phosphate, as well as the sunflower and neem oils, also kept a good control in the lower concentration. These results corroborate those reported by Menzies *et al.*, (1992), who found above 70% *S. fuliginea* control rates by means of potassium silicate foliar applications. Similar results were obtained by McGrath and Shishkoff (1999) and Reuveni *et al.* (1995), potassium bicarbonate and monopotassium phosphate, respectively. Concerning vegetable oils, the olive oil became effective in both of the concentrations utilized, reaching a better mildew control than what had been reported by Cheah and Cox (1995), even when 2% oil concentrations

Cuadro 2. Efecto de productos biocompatibles sobre la severidad de daño por *Sphaerotheca fuliginea* en hojas de pepino (*Cucumis sativus*) del híbrido Borja después de la tercera aplicación.

Table 2. Effect of biocompatible products on the severity of damage for *Sphaeroteca fulginea* on cucumber leaves (*Cucumis sativus*) hybrid Borja after the third spray.

Tratamiento	Fecha de siembra 1		Fecha de siembra 2	
	S ¹	E(%)	S ¹	E(%)
BIC2	4.2 ab	93.3	6.7 ab	90.4
BIC1	5.6 ab	91.0	22.5 ab	67.9
SIL2	0.0 a	100.0	2.5 a	96.4
SIL1	1.4 ab	97.8	23.3 ab	66.7
FOS2	8.3 bc	86.7	24.2 bc	65.4
FOS1	19.4 c	69.0	24.2 c	65.4
GIR2	4.2 ab	93.3	32.5 ab	53.6
GIR1	44.4 e	29.0	35.0 e	50.0
OLI2	4.2 ab	93.3	12.5 ab	82.1
OLI1	9.7 bc	84.5	25.0 bc	64.3
NEE2	5.6 ab	91.0	19.2 ab	72.6
NEE1	38.9 d	37.8	45.0 d	35.7
AZO	1.4 ab	97.8	9.2 ab	86.9
TES	62.5 e	0.0	7.0 e	0.0

S = severidad de daño; E = efectividad biológica.

¹ Números en una columna con una letra en común no son significativamente diferentes (LSD, $\alpha = 0.05$).

El fosfato monopotásico presentó un grado de control ligeramente menor pero aún aceptable de acuerdo al criterio de Dooley (1978), quien en pruebas con fungicidas en manzano consideró adecuado un porcentaje de control superior a 70%. A la concentración baja todos los productos, excepto el fosfato de potasio y los aceites de girasol y neem mantuvieron también un buen control. Estos resultados corroboran lo reportado por Menzies *et al.* (1992), quienes encontraron porcentajes de control de *S. fuliginea* superiores a 70% mediante aplicaciones foliares de silicato de potasio. Resultados similares obtuvieron McGrath y Shishkoff (1999) y Reuveni *et al.* (1995), para bicarbonato de potasio y fosfato

were used by them. The sunflower oil was not effective for the 0.5% concentration, as reported by Ko *et al.* (2003), even though it was applied on tomato mildew (*Oidium neolyopersici*) by them. The results obtained in the study hereby confirm those reported by Pasini *et al.* (1997), who observed a good *S. pannosa* control, which is responsible for powdery mildew on roses with a neem extract. These results are also consistent with Singh and Prithiviraj findings (1997), as the neem oil at the high concentration effectively halted *S. fuliginea* development, similarly Neemazal does, a neem-based product with *Erysiphe pisi*, which is the mildew product that attacks pea.

monopotásico respectivamente. En el caso de los aceites vegetales, el de oliva resultó efectivo en las dos concentraciones utilizadas, obteniendo un mejor control de la cenicilla que lo reportado por Cheah y Cox (1995), aún cuando éstos utilizaron concentraciones de 2% de aceite. El aceite de girasol no fue tan efectivo a la concentración 0.5% como lo reportan Ko *et al.* (2003), aunque ellos lo aplicaron sobre cenicilla en tomate (*Oidium neolycopersici*). Los resultados obtenidos en el presente trabajo confirman lo señalado por Pasini *et al.* (1997), quienes observaron un buen control de *S. pannosa*, responsable de la cenicilla en rosas con un extracto de neem. Estos resultados también concuerdan con lo encontrado por Singh y Prithiviraj (1997), ya que el aceite de neem a la concentración alta, detiene eficazmente el desarrollo de *S. fuliginea*. De la misma manera que lo hace Neemazal, un producto a base de neem con *Erysiphe pisi*, la cenicilla que ataca a chicharo. En la segunda fecha de siembra sólo continuaron siendo efectivos el tratamiento de silicato de potasio, bicarbonato de potasio, aceite de oliva y aceite de neem a la concentración mayor, además de azoxystrobin. De ellos, el tratamiento con la dosis alta de silicato de potasio superó en aproximadamente un 10% la efectividad obtenida en el tratamiento con azoxystrobin. Sin embargo, la disminución de la efectividad de todos los productos podría deberse a un efecto estimulador de la temperatura sobre el crecimiento del hongo, ya que como señala Blancard *et al.* (1991), la temperatura óptima de desarrollo para *S. fuliginea* es de 23 a 26°C, la cual es aproximadamente el promedio registrado (22.9°C) en la segunda etapa de este experimento. En cambio, en la primera etapa del estudio, la temperatura fue en promedio 4.5°C más baja que en la segunda etapa (Cuadro 3).

Only the potassium silicate, potassium bicarbonate, olive oil and neem oil treatments, in addition to the azoxystrobin, kept on being efficient by the second sowing date. Out of those, the treatment with the highest potassium silicate dose was approximately 10% more effective than the azoxystrobin treatment. However, the decrease in effectiveness in all the products may be due to a stimulatory temperature effect on fungal growth because, as noted by Blancard *et al.* (1991), the optimum temperature for *S. fuliginea* development is from 23 to 26°C, which is approximately the average level (22.9°C) registered in the second stage of this experiment. Nevertheless, the average temperature was in contrast, during the first stage of the study, 4.5°C lower than in the second stage (Table 3). This is consistent with what had been previously reported by Schuerger and Hammer (2003), who observed an effect dependant of the environmental temperature in the potassium silicate case. Despite the positive level of disease control reached by most of the products being evaluated, toxicity symptoms were observed on the leaves (Table 4). Regarding the potassium bicarbonate case, necrotic areas were revealed in both concentrations. Toxicity was manifested in the case of potassium silicate only as a wrinkling of leaves with no necrotic areas. Concerning the oil based treatments, yellowing of leaves was observed, especially in the olive oil treatment. The least phytotoxic among the oil treatments was the neem treatment, even at the highest concentration (1%), since the phytotoxicity revealed by this product remained under level 3, and according to the scale EPPO (1987). Generally, as the product concentration applied decreased so did the phytotoxicity (Table 4); nonetheless, the control degree obtained with low doses of all products was not satisfactory, particularly in the second stage.

Cuadro 3. Condiciones de temperatura y humedad relativa promedio prevalecientes en las dos fechas de siembra del experimento.

Table 3. Conditions of temperature and relative humidity prevailing in two planting dates of the experiment.

Fecha de siembra	Período de evaluación		Temperatura Máxima	Temperatura mínima	Temperatura media	Humedad relativa máxima	Humedad relativa mínima	Humedad relativa media
1	12-12-2003 a 23-01-2004	a	33.2	4.6	18.4	99.6	13.1	74.6
2	18-03-2004 a 16-04-2004	a	36.1	11.8	22.9	100.0	14.2	72.4

Lo anterior corrobora lo señalado por Schuerger y Hammer (2003) quienes observaron un efecto dependiente de la temperatura ambiental en el caso del silicato de potasio. A pesar del buen grado de control de la enfermedad obtenido con la mayoría de los productos estudiados, se observaron síntomas de toxicidad en las hojas (Cuadro 4). En el caso del bicarbonato de potasio se presentaron puntos necróticos en las dos concentraciones. En el silicato de potasio, la toxicidad se manifestó únicamente como un arrugamiento de hojas, sin presencia de áreas o puntos necróticos. Con los tratamientos a base de aceites se apreció amarillamiento en las hojas, en especial con el aceite de oliva.

CONCLUSIONS

A higher or equal biological effectiveness than the azoxystrobin treatment for powdery mildew control was revealed by the potassium silicate.

The potassium silicate phytotoxic effect was revealed only as a wrinkling of the leaf.

The effectiveness of the best treatment was more competent in the first sowing date than in the second.

El aceite de neem fue el menos fitotóxico entre los aceites, incluso a la concentración mayor (1%), ya que la fitotoxicidad observada con este producto se mantuvo por debajo del nivel 3 de acuerdo a la escala propuesta por EPPO (1987). En general, a medida que la concentración del producto aplicado disminuyó, también lo hizo la fitotoxicidad (Cuadro 4), sin embargo, el grado de control obtenido a las dosis bajas de todos los productos no fue satisfactorio, en particular en la etapa 2.

CONCLUSIONES

El silicato de potasio presentó mayor o igual efectividad biológica en el control de la cenicienta que el azoxystrobin.

El efecto fitotóxico del silicato de potasio se presentó únicamente como un arrugamiento de la lámina foliar.

En la primera fecha de siembra de cultivo, la efectividad de los mejores tratamientos fue más eficiente que en la segunda fecha de siembra.

Cuadro 4. Fitotoxicidad sobre hoja de pepino (*Cucumis sativus*) de los tratamientos de productos biocompatibles.

Table 5. Phytotoxicity on cucumber leaf (*Cucumis sativus*) by treatments of biocompatible products.

Tratamiento	Etapas 1	Etapas 2
BIC2	4.67 c	4.50 f
BIC1	2.33 b	2.33 cd
SIL2	4.17 c	3.50 e
SIL1	1.83 ab	1.50 ab
FOS2	2.33 b	2.00 bc
FOS1	1.50 ab	1.17 a
GIR2	2.17 b	2.83 d
GIR1	1.67 ab	2.00 bc
OLI2	3.83 c	4.33 f
OLI1	2.33 b	2.17 c
NEE2	2.17 b	2.17 c
NEE1	1.00 a	1.17 a
AZO	1.67 ab	2.50 cd
TES	1.00 a	1.00 a

Números en una columna con una letra en común no son significativamente diferentes (LSD, $p = 0.05$).

LITERATURA CITADA

- Abbott, J.K., and Lösel, D.M. 2003. Changes in carbohydrate composition of cucumber leaves during the development of powdery mildew infection. *Plant Pathology* 52:256-265.
- Belanger, R.R., Bowen, P.A., Ehret, D.L., and Menzies, J.G. 1995. Soluble silicon: Its role in crop and disease management of greenhouse crops. *Plant Disease* 79:329-336.
- Blancard, D., Lecoq, H. y Pitrat, M. 1991. Enfermedades de las Cucurbitáceas. Mundi-Prensa-INRA. Madrid, España. 301 p.
- Boesewinkel, H.J. 1980. The Morphology of the Imperfect States of Powdery Mildews (*Erysiphaceae*). *Botanical Review* 46:167-224.
- CAADES, CIDH. 2008. Cierre de Ciclo de Hortalizas Temporada 2007-08. Culiacán, Sinaloa. URL: <http://www.cidh.org.mx/smcidh.php> (22 Agosto 2008).
- Cheah, L.H., and Cox, J.K. 1995. Screening of plant extracts for control of powdery mildew in squash. *Proceeding of the 48th New Zealand Plant Protection Conference*. p 147-151. The New Zealand Plant Protection Society. 356 p.
- Dooley, H.L. 1978. Greenhouse Method for Screening Protective Fungicides for Apple Powdery Mildew. pp. 32-33. In: E.I. Zehr *et al.* (eds.). *Methods for Evaluating Plant Fungicides, Nematicides, and Bactericides*. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 320 p.
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). 1987. EPPO Guideline for the Efficacy Evaluation of Plant Protection Products. Phytotoxicity assessment. PP1/135(2), Volume 1:32-37.
- Fujiwara, K., and Fujii, T. 2002. Effects of spraying ozonated water on the severity of powdery mildew infection on cucumber leaves. *Ozone Science and Engineering* 24:463-469.
- Glawe, D.A. 2008. The Powdery Mildews: A Review of the World's Most Familiar (Yet Poorly Known) Plant Pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 46:25-51.
- Georgopoulos, S.G. 1986. Plant Pathogens. pp. 100-109. In: National Research Council (ed.). *Pesticide Resistance: Strategies and Tactics for Management*. National Academic Press. Washington, D.C., USA. 453 p.
- Horst, R.K., Kawamoto, S.O., and Porter, L.L. 1992. Effect of sodium bicarbonate and oils on the control of powdery mildew and black spot of roses. *Plant Disease* 76:247-251.
- Ko, W.H., Wang, T.F.H., and Ann, P.J. 2003. Effects of sunflower oil on tomato powdery mildew caused by *Oidium neolycopersici*. *Journal of Phytopathology* 151:144-148.
- McGrath, M.T. 2001. Fungicide resistance in cucurbit powdery mildew: Experiences and challenges. *Plant Disease* 85:236-245.
- Menzies, J., Bowen, P., and Ehret, D. 1992. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117:902-905.
- NAC (National Academy of Sciences). 2000. The Future Role of Pesticides in US Agriculture. Committee on the Future Role of Pesticides in US Agriculture, Board on Agriculture and Natural Resources and Board on Environmental Studies and Toxicology. Washington, D.C., USA. 301 p.
- Pasini, C., D'Aquila, F., Curir, P., and Gullino, M.L. 1997. Effectiveness of antifungal compounds against rose powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*) in glasshouses. *Crop Protection* 16:251-256.

- Reuveni, M. Agapov, V., and Reuveni, R. 1995. Supression of cucumber powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) by foliar sprays of phosphate and potassium salts. *Plant Pathology* 44:31-39.
- Schuerger, A.C., and Hammer, W. 2003. Suppression of powdery mildew on greenhouse-grown cucumber by addition of silicon to hydroponic nutrient solution is inhibited at high temperature. *Plant Disease* 87:177-185.
- SIAP (Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2004. Avances de Siembras y Cosechas, Año Agrícola 2004. Online: <http://www.sagarpa.gob.mx> (15 de agosto de 2005).
- Singh, U.P., and Prithiviraj, B. 1997. Neemazal, a product of neem (*Azadirachta indica*), induces resistance in pea (*Pisum sativum*) against *Erysiphe pisi*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 51:181-194.
- Statpoint, Inc. 2005. STATGRAPHICS Centurion XV Version 15.0.04. <http://www.statgraphics.com>
- Ziv, O., and Zitter, T.A. 1992. Effect of bicarbonates and film-forming polymers on cucurbit foliar diseases. *Plant Disease* 26:513-517.