

Efecto de bicarbonatos en el control de cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino (*Cucumis sativus* L.)*

Effect of Bicarbonates on the control of powdery mildew (*Oidium* sp.) in Cucumber (*Cucumis sativus* L.)

Moisés Gilberto Yáñez Juárez¹, Felipe Ayala Tafoya¹, Leopoldo Partida Ruvalcaba^{1§}, Teresa de Jesús Velázquez Alcaráz¹, Tirzo Paúl Godoy Angulo¹ y Tomás Días Valdéz¹

¹Facultad de Agronomía-Universidad Autónoma de Sinaloa. Carretera Culiacán-Eldorado km 17.5. A. P. 726, Culiacán, Sinaloa, México. Tel: 01667861084. (moisesyj@uas.edu.mx; tafoya@uas.edu.mx; teresadejesus-v@hotmail.com; tirzopaul@hotmail.com; tdiaz10@hotmail.com). [§]Autor para correspondencia: parpolo@yahoo.com.

Resumen

Para determinar la eficacia del bicarbonato de potasio (BP) y bicarbonato de sodio (BS) en el control de cenicilla (*Oidium* sp.) en plantas de pepino, se realizó una investigación en condiciones de invernadero cultivándose plantas del cv 'Poinsett 76' en macetas con capacidad para 4.5 kg de suelo vertisol crómico. Se fertilizó cada tercer día con solución compuesta de 101 g KNO₃, 200 g de CaNO₃, 136 g de KH₂PO y 246 g de MgSO₄, diluidos en 100 litros de agua. Los tratamientos fueron 2, 4 y 6 g L⁻¹ de BP y 2 y 4 g L⁻¹ de BS, mismos que con atomizador manual se aplicaron sobre el follaje hasta el punto de goteo. A los 31, 33 y 35 días después de la primera aplicación (ddpa) se evaluó el número de hojas, número de hojas enfermas, incidencia y severidad de cenicilla en hojas del tallo principal. El número de hojas no fue afectado por los bicarbonatos de potasio o sodio; la mayor disminución de hojas enfermas (94.6, 93.3 y 92.4%) se obtuvo con 4 g L⁻¹ de BP, a los respectivos 31, 33 y 35 ddpa. La máxima disminución (48.4 puntos porcentuales) de incidencia de cenicilla, se observó en plantas con 4 g L⁻¹ de BP ($p \leq 0.05$); con la misma dosis, la severidad de cenicilla disminuyó hasta 84.3 y 60.5 puntos porcentuales en las hojas tres y cuatro, respectivamente; mientras que en la hoja cinco la enfermedad fue nula.

Abstract

To determine the efficacy of potassium bicarbonate (BP) and sodium bicarbonate (BS) in the control of powdery mildew (*Oidium* sp.) in cucumber plants, an investigation was conducted under greenhouse conditions cultivating plants of cv 'Poinsett 76' in pots with a capacity of 4.5 kg of chromic vertisol soil. Every third day was fertilized with a composed solution of 101 g KNO₃, 200 g of CaNO₃, 136 g KH₂PO and 246 g MgSO₄, diluted in 100 liters of water. Treatments were 2, 4 and 6 g L⁻¹ of BP water and 2 and 4 g L⁻¹ BS, same as with manual spray applied onto foliage to drip point. At 31, 33 and 35 days after the first application (ddpa) the number of leaves, number of diseased leaves, incidence and severity of powdery mildew on leaves of the main stem was evaluated. The number of leaves was not affected by potassium or sodium bicarbonate; the highest decrease of diseased leaves (94.6, 93.3 and 92.4%) was obtained with 4 g L⁻¹ of BP, at the respective 31, 33 and 35 ddpa. The maximum decrease (48.4 percentage points) of mildew incidence was observed in plants of 4 g L⁻¹ BP ($p \leq 0.05$); with the same dose, the severity of powdery mildew decreased to 84.3 and 60.5 percentage points in leaves three and four, respectively; while in leaf five the disease was zero.

* Recibido: noviembre de 2013
Aceptado: abril de 2014

Palabras clave: cucurbitáceas, eficacia, propiedades antifúngicas, enfermedad.

Keywords: Cucurbitaceous, efficacy, antifungal properties, disease.

Introducción

La cenicilla de las cucurbitáceas, es una enfermedad foliar común en plantas cultivadas y silvestres (Félix *et al.*, 2005; González *et al.*, 2010). Esta enfermedad puede ser originada por *Erysiphe cichoracearum* o *Sphaerotheca fuliginea* (Félix *et al.*, 2005; Anand *et al.*, 2008; González *et al.*, 2010; Bojórquez *et al.*, 2012), su presencia en el cultivo usualmente ocurre en la fase asexual (*Oidium* sp.), y rara vez se observa la fase sexual (McGrath, 2001; Stadnik, 2001). Los síntomas y signos del patógeno aparecen en forma de polvo blanquecino en la superficie de las hojas de plantas afectadas, con el tiempo y por efecto del daño, éstas tienden a marchitarse y mostrar senescencia prematura (Zitter *et al.*, 1996).

En el estado de Sinaloa, México, es común observar la presencia de cenicilla infectando plantas de pepino (Félix *et al.*, 2005; Bojórquez *et al.*, 2012), esta situación obliga al productor a destinar recursos para su control. El principal método de control de esta enfermedad ha sido el uso de fungicidas químicos. Sin embargo, el uso indiscriminado de fungicidas tiene efectos adversos que están impactando de manera significativa en aspectos como: reducción de la biodiversidad en los agroecosistemas, generación de poblaciones con resistencia a fungicidas, dado los mecanismos naturales de mutación y la limitación de la comercialización de la producción y problemas de salud pública debido a los residuos químicos en los frutos.

Así, se crea oportunidad para alternativas como el control ecológico, definido por Zavaleta (1999) como “cualquier forma de control que reduce la incidencia o severidad de la enfermedad o incrementa la producción del cultivo, aún cuando no haya aparentemente un efecto significativo en la reducción de la enfermedad o inóculo, y su impacto nocivo en el ambiente sea mínimo o nulo”.

La fitomineraloterapia es una propuesta de control ecológico que consiste en la aplicación de sales contra enfermedades en plantas. Las sales que comúnmente se han utilizado para el control de enfermedades son: bicarbonato de sodio, bicarbonato de amonio, bicarbonato de potasio

Introduction

Cucurbit powdery mildew is a common foliar disease in cultivated and native plants (Felix *et al.*, 2005; González *et al.*, 2010). This disease can be caused by *Erysiphe cichoracearum* or *Sphaerotheca fuliginea* (Felix *et al.*, 2005; Anand *et al.*, 2008; González *et al.*, 2010; Bojórquez *et al.*, 2012), their presence in the crop usually occurs in the asexual phase (*Oidium* sp.), and rarely in the sexual phase (McGrath, 2001; Stadnik, 2001). Symptoms and signs of pathogen appear as white powder on the surface of leaves of affected plants, over time and as a result of damage, these tend to wilt and display premature senescence (Zitter *et al.*, 1996).

In the state of Sinaloa, Mexico, it is common to observe the presence of mildew infecting cucumber plants (Felix *et al.*, 2005; Bojórquez *et al.*, 2012). This situation forces the producer to allocate resources for its control. The primary method of controlling this disease has been the use of chemical fungicides. However, the indiscriminate use of fungicides has adverse effects that are impacting significantly on aspects such as: reduction of biodiversity in agroecosystems, generation of populations with fungicide resistance, given the natural mechanisms of mutation and limited marketing production and public health problems due to chemical residues in fruits.

Thus, an opportunity is created for alternatives such as biological control, defined by Zavaleta (1999) as “any form of control that reduces the incidence or severity of the disease or increase in crop production, even when there is not a significant apparent effect in the reduction of the disease or inoculum and its harmful impact on the environment is minimal or zero”.

The phyto mineral therapy is proposal for an ecological control that involves the application of salts against plant diseases. Salts that are commonly used for the control of diseases are: sodium bicarbonate, ammonium bicarbonate, potassium bicarbonate, and copper sulfate, and for its low toxicity to mammals and the environment have been termed “biocompatible composites” (Horst *et al.*, 1992; Zavaleta, 1999).

y sulfato de cobre, y por tener baja toxicidad en mamíferos y al ambiente se les han denominado “compuestos biocompatibles” (Horst *et al.*, 1992; Zavaleta, 1999).

Los bicarbonato a base de potasio (BP) y sodio (BS), son sales ubicuas en la naturaleza, y pueden encontrarse en prácticamente todos los organismos vivos, incluso, en componentes ambientales como el agua y el suelo (Deliopoulos *et al.*, 2010). En México, son escasos los reportes en el uso de BP y BS como ingredientes pesticidas, sin embargo, la eficacia de estas y otras sales ha sido probada contra hongos fitopatógenos como: *Alternaria* spp., *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea* (Karabulut *et al.*, 2003; Bombelli y Wright, 2006), *Colletotrichum gloeosporoides* (Sivakumar *et al.*, 2002), *Colletotrichum musae* (De Costa y Gunawardhana, 2012), *Sclerotinia sclerotiorum* (Ordoñez *et al.*, 2009), *Sclerotium cepivorum* (Ortega *et al.*, 2011), *Venturia inaequalis* (Ilhan *et al.*, 2006); asimismo, contra otros agentes que originan cenicillas como: *Leveillula taurica*, *Oidium lycopersicum*, *Sphaerotheca fuliginea*, *Sphaerotheca fusca* y *Shaerotheca pannosa* (Fallik *et al.*, 1997; McGrath y Shishkoff, 1999; Dik *et al.*, 2003). Por lo que el objetivo del presente trabajo fue determinar la eficacia de bicarbonato de potasio y bicarbonato de sodio en el control de la cenicilla en plantas de pepino.

Materiales y métodos

Ubicación del estudio y material vegetativo

El trabajo se desarrolló dentro de un invernadero de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), ubicado a 24° 37' 24" latitud norte y 107° 26' 36" longitud oeste, a una altitud de 38.54 msnm, el clima es semiseco [BS (h')w(w)(e)], muy cálido, extremoso con lluvias en verano, con temperatura media anual de 25.9 °C y precipitación media anual de 672.8 mm (García, 1981).

El genotipo utilizado fue el cv ‘Poinset 76’; las semillas fueron sembradas en macetas con capacidad de 4.5 kg, con suelo tipo Vertisol crómico (Leyva, 2005). Se dejaron dos plántulas por maceta, las cuales se mantuvieron en condiciones de invernadero, y se fertilizaron cada tercer día con una solución compuesta de 101 g de nitrato de potasio (KNO₃), 200 g de nitrato de calcio (CaNO₃), 136 g de fosfato monopotásico (KH₂PO) y 246 g de sulfato de magnesio (MgSO₄7HO), diluidos en 100 L de agua.

The potassium-based bicarbonate (BP) and sodium (BS), are ubiquitous salts in nature and can be found in virtually all living organisms, even in environmental composites such as water and soil (Deliopoulos *et al.*, 2010). In Mexico, the reports on the use of BP and BS as pesticide ingredients are rare; however, the efficacy of these and other salts have been tested against phytopathogenic fungi such as: *Alternaria* spp., *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea* (Karabulut *et al.*, 2003; Bombelli and Wright, 2006), *Colletotrichum gloeosporoides* (Sivakumar *et al.*, 2002), *Colletotrichum musae* (De Costa and Gunawardhana, 2012), *Sclerotinia sclerotiorum* (Ordoñez *et al.*, 2009), *Sclerotium cepivorum* (Ortega *et al.*, 2011), *Venturia inaequalis* (Ilhan *et al.*, 2006); also against other agents that cause mildew as *Leveillula taurica*, *Oidium lycopersicum*, *Sphaerotheca fuliginea*, *Sphaerotheca fusca* and *Shaerotheca pannosa* (Fallik *et al.*, 1997; Shishkoff and McGrath, 1999; Dik *et al.*, 2003). So the aim of this study was to determine the efficacy of potassium bicarbonate and sodium bicarbonate in the control of powdery mildew in cucumber plants.

Materials and methods

Location of the study and vegetative material

The work was conducted in a greenhouse of the Faculty of Agriculture of the Autonomous University of Sinaloa (UAS) located at 24° 37' 24" north latitude and 107° 26' 36" west longitude, at an altitude of 38.54 meters, climate is semidry [BS (h') w (w) (e)], very warm, with extremes summer rainfall, with annual average temperature of 25.9 °C and average annual rainfall of 672.8 mm (García, 1981).

The genotype used for this study was cv ‘Poinsett 76’; the seeds were sown in pots with capacity of 4.5 kg, with Chromic Vertisol soil (Leyva, 2005). Two seedlings per pot, which were kept under greenhouse conditions and fertilized every third day with a solution composed of 101 g of potassium nitrate (KNO₃), 200 g of calcium nitrate (CaNO₃), 136 g of monopotassium phosphate (KH₂PO) and 246 g of magnesium sulfate (MgSO₄7HO), diluted in 100 L of water.

Treatments. The treatments evaluated are identified in Table 1, evaluated against a compound of distilled water as control.

Tratamientos. Los tratamientos evaluados se identifican en el Cuadro 1, evaluándose contra un testigo compuesto de agua destilada.

La aplicación de los tratamientos se efectuó sobre la superficie de las hojas, hasta humedecer a punto de goteo con un atomizador manual. Se realizaron seis aplicaciones, las dos primeras con tres días de diferencia entre sí, y las otras cuatro con intervalos de siete días. Las aplicaciones se iniciaron una vez que las plantas formaron dos hojas verdaderas, y empezaron a mostrar infestación natural por cenicilla.

Para confirmar la presencia de cenicilla se evaluaron características morfológicas de conidios y micelio obtenidos de las plantas con síntomas de la enfermedad, y se realizó la identificación de acuerdo a las características morfológicas reportadas por Barnett y Hunter (1988).

Las variables de estudio fueron: número de hojas, número de hojas enfermas, incidencia y severidad de cenicilla. Las evaluaciones se realizaron a los 31, 33 y 35 días después de la primera aplicación (ddpa), y cada evaluación se realizó sólo en la guía principal de la planta. El número de hojas se determinó al contar las hojas verdaderas, de las cuales se cuantificaron las que presentaron síntomas de la enfermedad (número de hojas enfermas), y con estos datos se estimó en porcentaje la incidencia de cenicilla.

La severidad de cenicilla se determinó con base al área total de lámina foliar, y el porcentaje que de ésta visiblemente estaba cubierta por las estructuras del hongo. En la primera y segunda evaluación (31 y 33 ddpa) fueron evaluadas las hojas 3, 4 y 5, y en la tercera evaluación (35 ddpa) las hojas 4 y 5.

Análisis de datos. El diseño experimental fue el de bloques completos al azar, donde se utilizaron siete macetas por tratamiento y dos plantas por maceta. Los datos fueron analizados estadísticamente, y aquéllos 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 los supuestos de normalidad y homogeneidad se analizaron con estadística no paramétrica, se transformaron a rangos, y con la prueba de Friedman ($p \leq 0.05$) se determinó la diferencia entre tratamientos (Ramírez y López, 1993; Castillo, 2000).

Cuadro 1. Sales aplicadas a plantas de pepino *Cucumis sativus* cv 'Poinset 76' para el control de la cenicilla (*Oidium* sp.).

Table 1. Salts applied to Cucumber plants *Cucumis sativus* cv 'Poinset 76' to control powdery mildew (*Oidium* sp.).

	Tratamiento	Dosis de i.a (g L ⁻¹)
Testigo	(Agua destilada)	-----
BP2	(Bicarbonato de potasio)	2.0
BP4	(Bicarbonato de potasio)	4.0
BP6	(Bicarbonato de potasio)	6.0
BS2	(Bicarbonato de sodio)	2.0
BS4	(Bicarbonato de sodio)	4.0

The application of the treatments was made on the surface of the leaves, to moisten to drip point with a manual atomizer. Six applications were made, the first two with three days of difference of each other and the other four to seven-day intervals. Applications initiated once the plants formed two true leaves and began to show natural infestation by mildew.

To confirm the presence of mildew the morphological characteristics of conidia and mycelia from plants with disease symptoms were evaluated and the identification was made according to the morphological characteristics reported by Barnett and Hunter (1988).

The study variables were: number of leaves, number of diseased leaves, incidence and severity of powdery mildew. Evaluations were made at 31, 33 and 35 days after the first application (ddpa), and each evaluation was made only in the main guide of the plant. The number of leaves were determined by having true leaves, which were quantified with symptoms of the disease (number of diseased leaves), and these data was estimated as a percentage of powdery mildew incidence.

The severity of powdery mildew was determined based on the total leaf sheet area and the percentage of this, was clearly covered by the structures of the fungus. In the first and second evaluation (31 and 33 ddpa) leaves evaluated were 3, 4 and 5, and in the third evaluation (35 ddpa) leaves 4 and 5.

Data analysis. The experimental design was a randomized complete blocks, where seven pots per treatment and two plants per pot were used. Data were analyzed statistically and those that met the assumptions of normality and homogeneity of variance were subjected to an analysis of variance and comparison of means with Tukey test ($p \leq 0.05$). Data that did not meet the

Resultados y discusión

Acorde a las evaluaciones de la aplicación de BPyBS en plantas de pepino infectadas por *Oidium* sp. los resultados indican que no originaron efectos que modificaran significativamente el número de hojas (NH) en las plantas evaluadas ($p \leq 0.05$). Sin embargo, a los 31, 33 y 35 ddpa, la diferencia del NH entre el mayor y menor promedio fue de 1.2, 0.6 y 1.1 hojas, respectivamente (Cuadro 2). Estos resultados permitieron deducir que los bicarbonatos no interfirieron la morfogénesis de las plantas, en cuanto al número de hojas.

Cuadro 2. Número de hojas en plantas de pepino cv ‘Poinset 76’, a los 31, 33 y 35 ddpa de bicarbonatos.-
Table 2. Number of leaves in cucumber plants cv ‘Poinsett 76’, at 31, 33 and 35 ddpa of bicarbonates.

Tratamiento		Número de hojas		
		31 ddpa*	33	35
Testigo	(Agua destilada)	11.4 a ³	11.6 ¹ a ²	14.1 ¹ a ²
BP2	(Bicarbonato de potasio 2 g L ⁻¹)	10.6 a	11.5 a	13.6 a
BP4	(Bicarbonato de potasio 4 g L ⁻¹)	11.4 a	12.1 a	14.1 a
BP6	(Bicarbonato de potasio 6 g L ⁻¹)	11.3 a	12.1 a	14.4 a
BS2	(Bicarbonato de sodio 2 g L ⁻¹)	10.4 a	11.5 a	13.3 a
BS4	(Bicarbonato de sodio 4 g L ⁻¹)	10.9 a	11.9 a	13.7 a

*ddpa= días después de la primera aplicación. ¹Media de tratamientos, sustituyendo a la suma de rangos correspondientes. ²Medias con diferente literal en la misma columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$), con la prueba de Friedman. ³Medias con diferente literal en la misma columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$), con la prueba de Tukey.

Asimismo los resultados muestran que con respecto a las plantas testigo, el número de hojas enfermas (NHE) sólo disminuyó significativamente ($p \leq 0.05$) con bicarbonato de potasio, donde destacó el tratamiento BP4, por haber disminuido el NHE en 94.6, 93.3 y 92.4%, a los 31, 33 y 35 ddpa, respectivamente (Cuadro 3). A los mismos ddpa (31, 33 y 35), con BP6 el NHE disminuyó en los respectivos 80.4, 76.7 y 77.4%, y con BP2 las disminuciones fueron de 53.3, 50 y 43.9%; mientras que con BS4, el NH únicamente disminuyó significativamente (21.4%) a los 31 ddpa.

assumptions of normality and homogeneity were analyzed with nonparametric statistics, transformed to ranges and with the Friedman test ($p \leq 0.05$) was determined the difference between treatments (Ramírez and López, 1993; Castillo, 2000).

Results and discussion

According to the assessments of BP and BS application in cucumber plants infected by *Oidium* sp. the results indicate that did not originate any effects that significantly modify

the number of leaves (NH) in the tested plants ($p \leq 0.05$). However, at 31, 33 and 35 ddpa, NH difference between the highest and lowest average was 1.2, 0.6 and 1.1 leaves, respectively (Table 2). These results allowed deducing that bicarbonates did not interfered with morphogenesis of plants, in terms of number of leaves.

Also, the results show that compared to the control plants, the number of diseased leaves (NHE) only decreased significantly ($p \leq 0.05$) with potassium bicarbonate, which

Cuadro 3. Número de hojas enfermas en plantas de pepino cv ‘Poinset 76’, a los 31, 33 y 35 ddpa de bicarbonatos.
Table 3. Number of diseased leaves in cucumber plants cv ‘Poinsett 76’, at 31, 33 and 35 ddpa of bicarbonates.

Tratamiento		Número de hojas enfermas		
		31 ddpa*	33	35
Testigo	(Agua destilada)	5.6 ¹ a ²	6.0 ¹ a ²	6.6 ¹ a ²
BP2	(Bicarbonato de potasio 2 g L ⁻¹)	2.6 c	3.0 b	3.7 b
BP4	(Bicarbonato de potasio 4 g L ⁻¹)	0.3 e	0.4 c	0.5 b
BP6	(Bicarbonato de potasio 6 g L ⁻¹)	1.1 d	1.4 bc	1.5 b
BS2	(Bicarbonato de sodio 2 g L ⁻¹)	5.3 ab	5.7 a	6.5 a
BS4	(Bicarbonato de sodio 4 g L ⁻¹)	4.4 b	5.6 a	6.4 a

*ddpa= días después de la primera aplicación. ¹Media de tratamientos, sustituyendo a la suma de rangos correspondientes. ²Medias con diferente literal en la misma columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) con la prueba de Friedman.

A los 31 ddpa, la incidencia de cenicienta (IC) en las plantas testigo fue de 49.1%, mientras que en las plantas tratadas con BP4, la IC disminuyó significativamente (46.5 puntos porcentuales con $p \leq 0.05$); con BP6 y BP2 las respectivas disminuciones fueron de 39.4 y 24.6; mientras que con BS4 la disminución fue de 8.7 (Cuadro 4). Transcurridos 33 ddpa, la IC disminuyó significativamente 48.4, 40.1 y 25.6 puntos porcentuales con BP4, BP6 y BP2, respectivamente, en relación al testigo; en tanto que con los tratamientos BS2 y BS4, la IC disminuyó 2.1 y 4.6 puntos porcentuales. A los 35 ddpa, la IC fluctuó entre 3.5 y 46.8%, de los cuales el mayor valor se observó en las plantas testigo y el menor en aquellas tratadas con BP4; sin embargo, disminuciones significativas ($p \leq 0.05$) también se estimaron con los respectivos tratamientos de BP6 y BP2 con 36.4 y 19.6 puntos porcentuales, en comparación al testigo.

highlighted the BP4 treatment, by decreasing NHE in 94.6, 93.3 and 92.4% at 31, 33 and 35 ddpa, respectively (Table 3). Also ddpa (31, 33 and 35) with BP6, NHE decreased in 80.4, 76.7 and 77.4%, and with BP2 decreases of 53.3, 50 and 43.9%; also with BS4, NH only decreased significantly (21.4%) at 31 ddpa.

At 31 ddpa, the incidence of powdery mildew (IC) in the control plants was 49.1%, whereas in plants treated with BP4, the IC decreased significantly (46.5 percentage points with $p \leq 0.05$); with BP6 and BP2 the respective reductions were 39.4 and 24.6; whereas in BS4 the decrease was 8.7 (Table 4). After 33 ddpa, IC decreased significantly 48.4, 40.1 and 25.6 percentage points with BP4, BP6 and BP2, respectively, than the control; while with BS2 and BS4 treatments, IC decreased 2.1 and 4.6 percentage points. At 35 ddpa, IC ranged between 3.5 and 46.8%, of which the highest

Cuadro 4. Incidencia de cenicienta (*Oidium sp.*) en plantas de pepino cv 'Poinsett 76', a los 31, 33 y 35 ddpa de bicarbonatos. Table 4. Incidence of powdery mildew (*Oidium sp.*) in cucumber plants cv 'Poinsett 76', at 31, 33 and 35 ddpa of bicarbonates.

	Tratamiento	Incidencia (%)		
		31 ddpa*	33	35
Testigo	(Agua destilada)	49.1 ¹ a ²	51.7 ¹ a ²	46.8 ¹ a ²
BP2	(Bicarbonato de potasio 2 g L ⁻¹)	24.5 c	26.1 b	27.2 b
BP4	(Bicarbonato de potasio 4 g L ⁻¹)	2.6 d	3.3 c	3.5 c
BP6	(Bicarbonato de potasio 6 g L ⁻¹)	9.7 d	11.6bc	10.4 bc
BS2	(Bicarbonato de sodio 2 g L ⁻¹)	50.9 a	49.6 a	48.9 a
BS4	(Bicarbonato de sodio 4 g L ⁻¹)	40.4 b	47.1 a	46.7 a

*ddpa= días después de la primera aplicación. ¹Media de tratamientos, sustituyendo a la suma de rangos correspondientes. ²Medias con diferente literal en la misma columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) con la prueba de Friedman.

La severidad de cenicienta (SC) se evaluó a los 31, 33 y 35 ddpa en las hojas tres y cuatro, y se determinó que en la hoja tres de las plantas testigo la SC fue de 38.9, 69.1 y 84.6%, respectivamente (Figura 1). La comparación de dichos promedios contra los que se obtuvieron en la hoja tres de plantas donde se aplicó BP4, BP6, BP2, BS4 y BS2, mostró una disminución significativa ($p \leq 0.05$), de tal forma que 31ddpa la SC, disminuyó en los respectivos 38.7, 37.9, 36.1, 28.7 y 25.3 puntos porcentuales; a los 33 ddpa la SC disminuyó 68.9, 67.6, 64.9, 48.2 y 47.9, y a los 35 ddpa las respectivas disminuciones fueron de 84.3, 82.7, 79.3, 57.1 y 47.2 puntos porcentuales.

value was observed in the control plants and the lowest in those treated with BP4; however, significant decreases ($p \leq 0.05$) were also estimated with the respective treatments BP6 and BP2 with 36.4 and 19.6 percentage points, compared to the control.

The severity of powdery mildew (SC) at 31, 33 and 35 ddpa was evaluated in leaves three and four, and it was determined that in leaf three of control plants SC was 38.9, 69.1 and 84.6%, respectively (Figure 1). Comparing this average against those obtained in leaf three of plants where BP4, BP6, BP2, BS4 and BS2 was applied, showed a significant decrease ($p \leq 0.05$), so that at 31 ddpa, SC decreased 38.7,

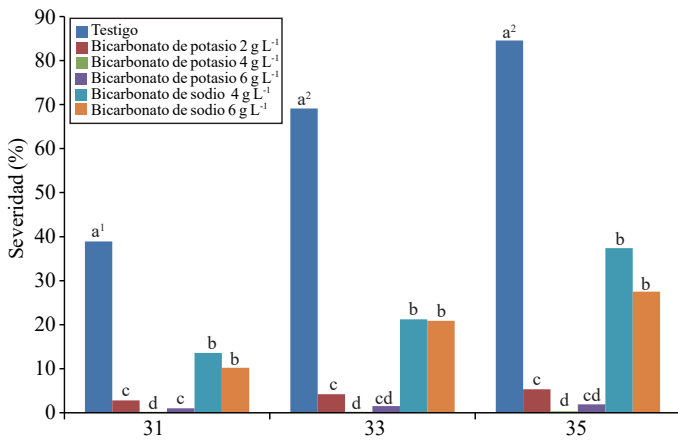


Figura 1. Efecto que indujeron bicarbonato de potasio y bicarbonato de sodio en la SC de la hoja tres de plantas de pepino cv 'Poinsett 76', a los 31, 33 y 35 días después de la primera aplicación. ¹Columnas con diferente literal en el mismo grupo son estadísticamente diferentes, según Tukey ($p \leq 0.05$). ²Columnas con diferente literal en el mismo grupo son estadísticamente diferentes, con la prueba de Friedman ($p \leq 0.05$).

Figure 1. Effect that potassium bicarbonate and sodium bicarbonate induced in SC of leaf three in cucumber plants cv 'Poinsett 76', at 31, 33 and 35 days after the first application. ¹Columns with different literal in the same group are statistically different according to Tukey ($p \leq 0.05$). ²Columns with different literal in the same group are statistically different, with the Friedman test ($p \leq 0.05$).

A los 31 ddpa, la SC alcanzó 23.7% en la hoja cuatro de las plantas testigo, la comparación con dicho promedio indicó que la SC disminuyó 23.3, 23.1, 22.5, 16.3 y 14.9 puntos porcentuales con los respectivos tratamientos de BP4, BP6, BP2, BS4 y BS2 (Figura 2). A los 33 ddpa, la SC alcanzó 43.7% en las plantas testigo, y comparado con esto, la SC disminuyó 43.3 puntos porcentuales en plantas tratadas con BP4, 43 con BP6, 41.8 con BP2, 38.9 con BS6 y 25.8 con BS2. Mientras que a los 35 ddpa, la SC en las plantas tratadas con BP4, BP6, BP2, BS4 y BS2, disminuyó en los respectivos 60.5, 60, 58.7, 34.7, y 28.3 puntos porcentuales, en comparación al 61.1% de SC en las plantas testigo.

En la hoja cinco, la SC sólo se evaluó a los 33 y 35 ddpa, y en esta hoja se evidenció que BP4 y BP6 indujeron que a los 33 ddpa las plantas no mostraran síntomas de la enfermedad (Figura 3), mientras que en el testigo la SC fue de 23.6%, y en las plantas tratadas con BP2, BS4 y BS2, fue de 0.4, 6.9 y 10.6%, respectivamente; en tanto que a los 35 ddpa la

37.9, 36.1, 28.7 and 25.3 in the respective percentage points; at 33 ddpa, SC decreased 68.9, 67.6, 64.9, 48.2 and 47.9, and at 35 ddpa the respective decreases were 84.3, 82.7, 79.3, 57.1 and 47.2 percentage points.

At 31 ddpa, SC reached 23.7% in leaf four of control plants, the comparison with this average showed that SC decreased 23.3, 23.1, 22.5, 16.3 and 14.9 percentage points with the respective treatments of BP4, BP6, BP2, BS4 and BS2 (Figure 2). At 33 ddpa, SC reached 43.7% in the control plants, and compared to this, the SC decreased 43.3 percentage points in plants treated with BP4, 43 with BP6, 41.8 with BP2, 38.9 with BS6 and 25.8 with BS2. While at 35 ddpa, SC in plants treated with BP4, BP6, BP2, BS4 and BS2 decreased 60.5, 60, 58.7, 34.7, and 28.3 in the respective percentage points, compared to 61.1% of SC in control plants.

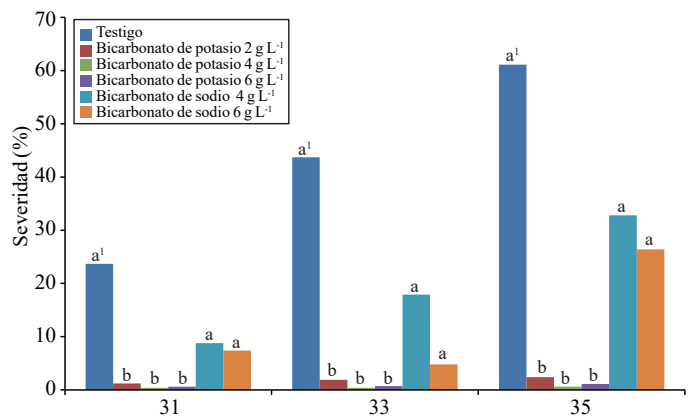


Figura 2. Efecto que ocasionaron bicarbonato de potasio y bicarbonato de sodio en la SC de la hoja cuatro de plantas de pepino cv 'Poinsett 76', a los 31, 33 y 35 días después de la primera aplicación. ¹Columnas con diferente literal en el mismo grupo son estadísticamente diferentes, con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Figure 2. Effect that potassium bicarbonate and sodium bicarbonate caused in SC of leaf four in cucumber plants cv 'Poinsett 76', at 31, 33 and 35 days after the first application. ¹Columns with different literal in the same group are statistically different with Tukey test ($p \leq 0.05$).

In leaf five, SC was only evaluated at 33 and 35 ddpa and on this leaf was revealed that BP4 and BP6 induced that at 33 ddpa plants do not show symptoms of disease (Figure 3), while in the control, SC was 23.6%, and in plants treated with BP2, BS4 and BS2, was 0.4, 6.9 and 10.6%, respectively; while at 35 ddpa, SC increased to 1.2, 8.8, 24.4 and 36.1% where applied the respective BP2, BS4, BS2 and distilled water (control).

SC aumentó hasta alcanzar 1.2, 8.8, 24.4 y 36.1% donde se aplicaron los respectivos BP2, BS4, BS2 y agua destilada (testigo).

Los resultados indican que el bicarbonato de potasio, en dosis de 2, 4 ó 6 g L⁻¹ de agua, disminuyó de forma significativa ($p \leq 0.05$) el NHE, IC y SC, sin afectar el NH. Estos resultados coinciden con lo reportado por Yáñez *et al.* (2012), quienes encontraron que la incidencia y severidad de la cenicilla en plantas de pepino disminuyó significativamente con bicarbonato de potasio.

De la misma manera con bicarbonato de sodio, se logró la mayor disminución de la SC al incrementar la concentración de la sal hasta en 4 g L⁻¹ de agua. Estos resultados concuerdan a lo reportado por Hasan *et al.* (2012), donde establecen que el nivel de inhibición de los hongos está altamente correlacionado con la concentración de bicarbonato de sodio.

En este mismo sentido, Ilhan *et al.* (2006) reportan que el bicarbonato de sodio al 0.5% inhibió la germinación de conidios y la elongación del tubo germinativo de *Venturia inaequalis* en 59 y 92.3%, respectivamente, y fue inhibida completamente cuando dicha sal se utilizó al 2%. Asimismo, Karabulut *et al.* (2003) lograron mayor disminución del número de frutos podridos por *Botrytis cinerea*, *Alternaria* spp. y *Aspergillus niger* en racimos de uvas tratados con bicarbonato de potasio al 2%, en comparación con los tratados al 1%.

Los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con lo reportado por Ilhan *et al.* (2006) y Deliopoulos *et al.* (2010), quienes señalan que las propiedades antifúngicas de los bicarbonatos se obtienen cuando se aplican al follaje de plantas a dosis que fluctúan entre 5 y 10 g L⁻¹. Asimismo, estudios de (Ilhan *et al.*, 2006; Karabulut *et al.*, 2006; Hasan *et al.*, 2012), demuestran que los bicarbonatos actúan contra los hongos, al inhibir la germinación de esporas y la formación del tubo germinativo, aspecto que concuerda con (Yildirim *et al.*, 2002; Hasan *et al.*, 2012), al indicar que disminuyen su capacidad en la formación de esporas.

Además, varios autores (Depasquale y Montville, 1990; Ziv y Zitter, 1992; Olivier *et al.*, 1999; Davide *et al.*, 2004; Avis, 2007; Hasan *et al.*, 2012) también han descubierto otros mecanismos implicados en la propiedad antifúngica de los bicarbonatos, los cuales incluyen incremento del pH en la superficie de la hoja, colapso de las células del hongo

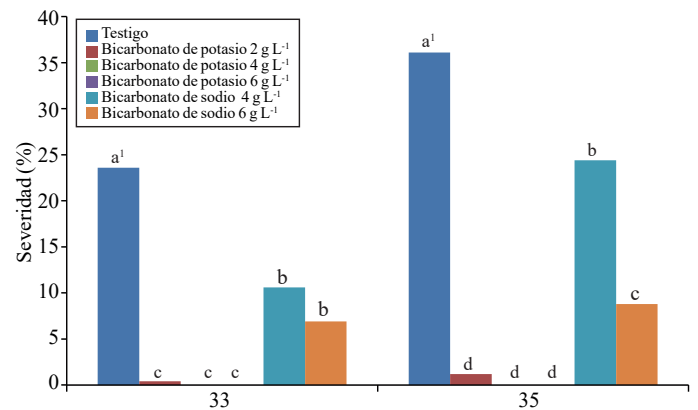


Figura 3. Efecto ocasionado por bicarbonato de potasio y bicarbonato de sodio en SC de la hoja cinco de plantas de pepino cv 'Poinset 76', a los 31, 33 y 35 días después de la primera aplicación de los tratamientos. ¹Columnas con diferente literal en el mismo grupo son estadísticamente diferentes, con la prueba de Friedman ($p \leq 0.05$).

Figure 3. Effect caused by potassium bicarbonate and sodium bicarbonate in SC of leaf five in cucumber plants cv 'Poinset 76', at 31, 33 and 35 days after first application of treatments. ¹Columns with different literal in the same group are statistically different, with Friedman test ($p \leq 0.05$).

The results indicate that potassium bicarbonate in doses of 2, 4 or 6 g L⁻¹ of water decreased significantly ($p \leq 0.05$) the NHE, IC and SC without affecting NH. These results agree with those reported by Yáñez *et al.* (2012), who found that the incidence and severity of powdery mildew on cucumber plants decreased significantly with potassium bicarbonate.

Likewise with sodium bicarbonate, was achieved the highest decrease in SC by increasing the salt concentration up to 4 g L⁻¹ of water. These results agree with those reported by Hasan *et al.* (2012), which states that the level of inhibition of fungi is highly correlated with the concentration of sodium bicarbonate.

In this sense, Ilhan *et al.* (2006) reported that sodium bicarbonate at 0.5% inhibited conidial germination and germ tube elongation of *Venturia inaequalis* in 59 and 92.3%, respectively, and was completely inhibited when the salt was used at 2%. Also Karabulut *et al.* (2003) achieved greater reduction in the number of rotten fruits by *Botrytis cinerea*, *Alternaria* spp. and *Aspergillus niger* in grapes treated with potassium bicarbonate at 2%, compared with those treated at 1%.

debido al desequilibrio del ion potasio, y la deshidratación de la pared celular de las esporas del hongo, condiciones que demuestran la efectividad de la fitomineraloterapia.

De acuerdo con Deliopoulos *et al.* (2010), las referencias bibliográficas reportan que con la fitomineraloterapia, además de obtener eficacia en el control de agentes fitopatógenos, se disminuye el uso de fungicidas químicos, se reduce la generación de poblaciones de organismos con resistencia y el riesgo asociado al uso de fungicidas para las personas, los animales y al ambiente.

Conclusiones

Acorde a los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye que el bicarbonato de potasio fue eficaz para disminuir la incidencia y severidad de la cenicilla (*Oidium* sp.) en las plantas de pepino; a una concentración de 4 g L⁻¹ de agua, así, el bicarbonato de potasio puede ser utilizado como otra alternativa tecnológica para el control de la cenicilla.

Respecto al bicarbonato de sodio a 2 y 4 g L⁻¹, la eficacia para controlar cenicilla fue inferior a la que se tuvo con bicarbonato de potasio.

Literatura citada

- Anand, T.; Chandrasekaran, A.; Kuttalam, S. P.; Senthilraja, G.; Raguchander, T. and Samiyappan, R. 2008. Effectiveness of azoxystrobin in the control of *Erysiphe cichoracearum* and *Pseudoperonospora cubensis* on cucumber. *J. Plant Protec. Res.* 48(2):147-159.
- Avis, T. J. 2007. Antifungal compounds that target fungal membranes: applications in plant disease control. *Can. J. Plant Pathol.* 29:323-329.
- Barnett, H. L. and Hunter, B. B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. APS Press. Saint Paul, Minnesota. 124 p.
- Bojórquez, R. C.; León, F. J.; Allende, M. R.; Muy, R. M. D.; Carrillo, F. J. A.; Valdez, T. J. B.; López, S. F. S. and García, E. R. S. 2012. Characterization of powdery mildew in cucumber plant under greenhouse conditions in the Culiacan Valley, Sinaloa, Mexico. *Afr. J. Agric. Res.* 7(21):3237-3248.
- Bombelli, E. C. y Wright, E. R. 2006. Efecto del bicarbonato de potasio sobre la calidad del tomate y acción sobre *Botrytis cinerea* en poscosecha. *Ciencia e Investigación Agraria.* 33:197-203.
- Castillo, M. L. E. 2000. Introducción a la estadística experimental. Universidad Autónoma Chapingo (UACH) Chapingo, Estado de México. 85 p.

The results obtained in this investigation are consistent with those reported by Ilhan *et al.* (2006) and Deliopoulos *et al.* (2010), who point out that the antifungal properties of bicarbonates are obtained when applied to the foliage of plants at doses ranging from 5 to 10 g L⁻¹. Also, studies (Ilhan *et al.*, 2006; Karabulut *et al.*, 2006; Hasan *et al.*, 2012) show that bicarbonates act against fungi by inhibiting spore germination and germ tube formation, aspect that agrees with (Yildirim *et al.*, 2002; Hasan *et al.*, 2012), indicating that decreases their capability in the formation of spores.

In addition, several authors (Depasquale and Montville, 1990; Ziv and Zitter, 1992; Olivier *et al.*, 1999; Davide *et al.*, 2004; Avis, 2007; Hasan *et al.*, 2012) have also found other mechanisms involved in the antifungal property of bicarbonates, which include increasing the pH on the surface of the leaf, collapsing the fungal cells because potassium ion imbalance, and dehydration of the cell wall of fungal spores, conditions that demonstrate the effectiveness of phyto mineral therapy.

According with Deliopoulos *et al.* (2010) reports that with phyto mineral therapy, besides obtaining efficacy in the control of plant pathogens, the use of chemical fungicides is reduced, the generation of populations of organisms with resistance and the risk associated with the use of fungicides is reduced for people, animals and environment.

Conclusions

According to the results obtained in this investigation, it is concluded that potassium bicarbonate was effective in reducing the incidence and severity of powdery mildew (*Oidium* sp.) in cucumber plants, at a concentration of 4 g L⁻¹ of water, thus potassium bicarbonate may be used as another technological alternative for controlling mildew.

In relation to sodium bicarbonate at 2 and 4 g L⁻¹, the effectiveness in controlling powdery mildew was lower than that obtained with potassium bicarbonate.

End of the English version



- Davide, S.; Angelo, G. and Maria, L. G. 2004. Control of *Penicillium expansum* and *Botrytis cinerea* on apple combining a biocontrol agent with hot water dipping and acibenzolar-S-methyl, baking soda, or ethanol application. *Postharvest Biol. Technol.* 33:141-151.

- De Costa, D. M. and Gunawardhana, H. M. D. M. 2012. Effects of sodium bicarbonate on pathogenicity of *Colletotrichum musae* and potencial for controlling postharvest diseases of banana. *Postharvest Biol. Technol.* 68:54-63.
- Deliopoulos, T.; Kettlewell, P. S. and Hare, M. C. 2010. Fungal disease suppression by inorganic salts: a review. *Crop Protection.* 29(10):1059-1075.
- Depasquale, D. A. and Montville, T. J. 1990. Mechanism by which ammonium bicarbonate and ammonium sulfate inhibit mycotoxigenic fungi. *Appl. Environ. Microbiol.* 56:3711-3717.
- Dik, A. J.; Gaag, D. J. and Slooten, M. A. 2003. Efficacy of salts against fungal diseases in glasshouse crops. *Comm. Agric. Appl. Biol. Sci.* 68:475-485.
- Fallik, E.; Ziv, O.; Grinberg, S.; Alckalai S. and Klein, J. D. 1997. Bicarbonate Solutions Control Powdery Mildew (*Leveillula taurica*) on sweet red pepper and reduce the development of postharvest fruit rotting. *Phytoparasitica.* 25(1):41-43.
- Felix, G. R.; Apodaca, S. M. A.; Martínez, V. M. C. y Espinosa, M. S. 2005. *Podosphaera* (Sect. *Sphaerotheca*) *xanthii* (Castagne) U. Brawn y N. Shishkoff en cucurbitáceas en el norte de Sinaloa, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 23:162-168.
- García, M. E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3ª (Ed.). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Instituto de Geografía. D. F., México. 252 p.
- González, M. N.; Martínez, C. B. e Infante, M. D. 2010. Mildiu polvoriento en las cucurbitáceas. *Rev. Protección Vegetal.* 25:44-50.
- Hasan, M. F.; Mahmud, T. M. M.; Kadir, J.; Ding, P. and Zaidul, I. S. M. 2012. Sensitivity of *Colletotrichum gloeosporioides* to sodium bicarbonate on the development of anthracnose in papaya (*Carica papaya* L. cv. Frangi). *Aus. J. Crop Sci.* 6(1):17-22.
- Horts, R. K.; Kawamoto, S. A. and Porte, L. L. 1992. Effect of sodium bicarbonate and oils on the control of powdery mildew and black spot of roses. *Plant Dis.* 76:247-251.
- Ilhan, K.; Arslan, U. and Karabulut, O. A. 2006. The effect of sodium bicarbonate alone or in combination with a reduced dose of tebuconazole on the control of applescab. *Crop Protec.* 25:963-967.
- Karabulut, O. A.; Smilanick, J. L.; Mlikota Gabler, F.; Mansour, M. and Droby, S. 2003. Nearharvest applications of *Metschnikowia fructicola*, ethanol, and sodium bicarbonate to control postharvest diseases of grape in central California. *Plant Dis.* 87:1384-1389.
- Karabulut, O. A.; Arslan, U.; Ilhan, K. and Yagdi, K. 2006. The effect of sodium bicarbonate alone or in combination with a reduced rate of mancozeb on the control of leaf rust *Puccinia triticina* in wheat. *Can. J. Plant Pathol.* 28: 484-488.
- Leyva, R. G.; Sánchez, G. P.; Alcántar, G. G.; Valenzuela, U. J. G.; Gavi, R. F. y Martínez, G. A. 2005. Contenido de nitratos en extractos celulares de pecíolos y frutos de tomate. *Rev. Fitotec. Mex.* 28:145-150.
- McGrath, M. T. 2001. Fungicide resistance in cucurbit powdery mildew: experiences and challenges. *Plant Dis.* 85:236-245.
- McGrath, M. T. and Shishkoff, N. 1999. Evaluation of biocompatible products for managing cucurbit powdery mildew. *Crop Protec.* 18(7):471-478.
- Olivier, C.; Macniel, C. R. and Loria, R. 1999. Application of organic and inorganic salts to field-grown potato tubers can suppress silver scurf during potato storage. *Plant Dis.* 83:814-818.
- Ordóñez, V. C.; Alarcón, A.; Ferrera, C. R. and Hernández, C. L. V. 2009. *In vitro* antifungal effects of potassium bicarbonate on *Trichoderma* sp. and *Sclerotinia sclerotiorum*. *Mycoscience.* 50(5):380-387.
- Ortega, A. B. L.; Alarcón, A. and Ferrera, C. R. 2011. Effect of potassium bicarbonate on fungal growth and sclerotia of *Sclerotinia cepivorum* and its interaction with *Trichoderma*. *Rev. Mex. Micol.* 33:53-61.
- Ramírez, G. M. E. y López, T. Q. 1993. Métodos estadísticos no paramétricos. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). 120 p.
- Sivakumar, D.; Hewarathgamagae, N. K.; Wilson, W. R. S. and Wijesundera, R. L. C. 2002. Effect of ammonium carbonate and sodium bicarbonate on anthracnose of papaya. *Phytoparasitica.* 28:1-7.
- Stadnik, M. 2001. História e Taxonomia de oídios. *In: Stadnik, M. and Rivera, M. (Eds.) Oídios. Brasil: Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente.* 391- 418 pp.
- Yáñez, J. M. G.; León, D. J. F.; Godoy, A. T. P.; Gastélum, L. R.; López, M. M.; Cruz, O. J. E. y Cervantes, D. L. 2012. Alternativas para el control de la cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino (*Cucumis sativus* L.). *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(2):259-270.
- Yildirim, I.; Onogur, E. and Irshad, M. 2002. Investigations on the efficacy of some natural chemicals against powdery mildew [*Uncinula necator* (Schw.) Burr.] of grape. *J. Phytopathol.* 150:697-702.
- Zavaleta, M. E. 1999. Alternativas de manejo de las enfermedades de las plantas. *Terra Latinoamericana.* 17:201-207.
- Zitter, T. A.; Hopkins, D. L. and Thomas C. E. 1996. *Compendium of cucurbit Diseases*, APS Press. St. Paul, Minesota. USA. 87 p.
- Ziv, O. and Zitter, T. A. 1992. Effects of bicarbonates and film-forming polymers on cucurbit foliar diseases. *Plant Dis.* 76(5):513-517.