

Efecto del acibenzolar S-metil en plantas de chile serrano (*Capsicum annuum*) infectadas con *Phytophthora capsici* en diferentes edades

Effect of acibenzolar S-methyl on serrano pepper plants (*Capsicum annuum*) infected with *Phytophthora capsici* at different ages

Yesenia Cosme-Velázquez, Programa de Fitopatología, Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México Texcoco, Estado de México, C.P. 56230; **Remigio Anastacio Guzmán-Plazola**¹, Programa de Fitopatología, Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México Texcoco, Estado de México, C.P. 56230; **Sergio Sandoval Islas**, Programa de Fitopatología, Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México Texcoco, Estado de México, C.P. 56230; **Tarcisio Corona Torres**, Programa de Genética, Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México Texcoco, Estado de México, C.P. 56230 y **Doricela Mendoza Pérez**, Programa de Fitopatología, Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México Texcoco, Estado de México, C.P. 56230. ¹Correspondencia: (rguzmanp@colpos.mx).

Recibido: Junio 22, 2015.

Aceptado: Julio 01, 2015.

Cosme-Velázquez Y, Guzmán-Plazola RA, Sandoval-Islas S, Corona-Torres T y Mendoza-Pérez D. 2015. Efecto del acibenzolar S-metil en plantas de chile serrano (*Capsicum annuum*) infectadas con *Phytophthora capsici* en diferentes edades. Revista Mexicana de Fitopatología 33: 156-172.

Resumen. La marchitez del chile causada por *Phytophthora capsici*, provoca pérdidas considerables de rendimiento, por lo que se han probado múltiples alternativas de manejo de la enfermedad. La inducción de resistencia sistémica y la resistencia asociada con la edad son alternativas de bajo impacto ambiental que podrían coadyuvar al control de este problema sanitario. En el presente trabajo se investigó si la edad al momento del trasplante, con y sin aplicación de acibenzolar S-metil (ASM), puede ser una estrategia para reducir el efecto de la enfermedad en plantas de chile serrano (*Capsicum annuum* L.). Se probaron dosis de 1 mg de ASM/planta aplicadas semanalmente desde una

Abstract. Pepper wilt caused by *Phytophthora capsici* causes considerable yield losses. Multiple alternatives have been tested to control this disease. Systemic resistance and age related resistance are low impact alternatives that could contribute to the control of this plant health problem. In this work, transplanting age, with or without acibenzolar S-methyl (ASM), was tested as a possible strategy to reduce the effects of the disease in serrano pepper plants. One milligram of ASM/plant was sprayed weekly, starting a week before transplanting, to seedlings of age 45, 30, and 15 days after seeding. These treatments were tested in two Serrano cultivars (Camino Real and a creole from Tetela de Ocampo, Puebla) with or without inoculation with any of two *P. capsici* strains. The ASM reduced de area under the disease progress curve but did not inhibit pathogen infection. ASM also reduced the growth level of plants from the three tested ages. Seedlings transplanted 45 days after seeding resulted more susceptible to the disease than younger ones.

semana antes del trasplante a plántulas (trasplantadas a 45, 30 y 15 días después de la siembra) de dos genotipos de chile (Camino Real y criollo de Tetela de Ocampo, Puebla) con o sin inoculación con dos cepas de *P. capsici*. El ASM redujo el área bajo la curva del progreso de la enfermedad pero no inhibió la infección por el patógeno. El ASM también redujo el desarrollo de las plantas en las tres edades evaluadas. Plántulas trasplantadas a 45 días después de la siembra resultaron más susceptibles a la enfermedad que las de edades más jóvenes.

Palabras clave adicionales: viveros, edad de la planta, resistencia sistémica.

La marchitez causada por *Phytophthora capsici* Leonian, es una enfermedad devastadora de cultivos de chile (*Capsicum annuum* L.) y se encuentra presente en todas las áreas productoras del mundo (Morán *et al.*, 2010). Este patógeno puede causar pérdidas de rendimiento de hasta 100 % (Rico-Guerrero *et al.*, 2004). Una vez que se le detecta en el campo puede hacerse necesaria una combinación de estrategias de rotación de cultivos, fumigación, subsoleo, elevación de camas de siembra, irrigación con agua de pozo, resistencia genética, aplicación de fungicidas, la destrucción de plantas infectadas y cosecha temprana para poder manejar la enfermedad (Granke *et al.*, 2012).

Actualmente existe una fuerte demanda de alternativas ambientalmente aceptables para la protección de cultivos. Entre estas alternativas se encuentra la inducción de resistencia sistémica; en cuyo proceso está involucrada la activación de los mecanismos naturales de defensa de las plantas mediante elicitores generados por los propios patógenos, por otros organismos o por factores ambientales (Carvajal, 2013). La aplicación de productos químicos sintéticos también puede activar procesos fisiológicos y bioquímicos propios de la planta y

Additional keywords: nurseries, plant age, systemic resistance.

Wilt caused by *Phytophthora capsici* Leonian is a devastating disease of pepper crops (*Capsicum annuum* L.) that is found present in all producing zones in the world (Moran *et al.*, 2010). This pathogen can cause yield losses of up to 100 % (Rico-Guerrero *et al.*, 2004). Once it is detected in the field, it might be necessary to implement a combination of strategies to handle the disease, including crop rotation, fumigation, subsoiling, raising seedbeds, irrigating from well water, genetic resistance, application of fungicides, destruction of infected plants and early harvest (Granke *et al.*, 2012).

Currently, there is a high demand of environmentally acceptable alternatives for crop protection. Among these, the induction of systemic resistance is an alternative whose processes involve the activation of natural defense mechanisms of the plants through elicitors generated by the pathogens themselves, by other organisms, or by environmental factors (Carvajal, 2013). The application of synthetic chemical products can also activate physiological and biochemical processes in the plant and avoid or reduce the progress of diseases (Guevara and Rodriguez-Galvez, 2006). Among these compounds outstands acibenzolar S-methyl (ASM), an inducer of systemic acquired resistance (SAR) which has been studied for plant disease control in the last few years (Buzi *et al.*, 2004). ASM acts as a functional analog of salicylic acid in the SAR signaling pathway and influences the expression of genes and the activity of several enzymes related with resistance as well as the production of lignin and phenol compounds (Malolepsza, 2006). Wilt reduction has been reported with the use of ASM against *P. capsici* in bell pepper (Matheron and Porchas, 2002),

evitar o reducir el progreso de enfermedades (Guevara y Rodríguez-Gálvez, 2006). Entre estos compuestos destaca el acibenzolar S-metil (ASM), un inductor de resistencia sistémica adquirida (SAR) que ha sido estudiado para el control de enfermedades de las plantas en los últimos años (Buzi *et al.*, 2004). EL ASM actúa como un análogo funcional del ácido salicílico en la vía de señalización de la SAR, influencia la expresión de genes y la actividad de varias enzimas relacionadas con la resistencia, así como la producción de lignina y compuestos fenólicos (Malolepsza, 2006). Se ha reportado reducción de la marchitez con la aplicación de ASM contra *P. capsici* en Chile pimiento (Matheron y Porchas, 2002), contra *P. cactorum* y *P. fragariae* var *fragariae* en fresa (Eikemo *et al.*, 2003) y contra *P. capsici* en calabaza (Koné *et al.*, 2009). Similarmente, el pre-tratamiento de plántulas de *Curcuma longa* induce SAR contra *Pythium aphanidermatum* (Radhakrishnan *et al.*, 2011). Sin embargo, el efecto del ASM contra *P. capsici* en Chile de otras variedades no ha sido bien documentado.

Las plantas pueden cambiar su nivel de resistencia a enfermedades conforme avanza la edad de la planta o la madurez de los tejidos (Develey-Riviere y Galiana, 2007). Estos cambios en resistencia son cada vez más reconocidos como un componente importante de defensa de la planta frente a la infección (Whallen, 2005) y pueden tener implicaciones importantes en la definición de estrategias adecuadas de control. La severidad del daño por *P. capsici* puede variar con la edad de las plántulas (Kim *et al.*, 1989). En cucurbitáceas, frutos de edades avanzadas mostraron una reducción gradual de la susceptibilidad a *P. capsici* con respecto a frutos jóvenes (Ando *et al.*, 2009). Similarmente, frutos de Chile (*C. annuum* L.) tuvieron menos infección conforme avanzaron en su proceso de maduración (Biles *et al.*, 1993).

against *P. cactorum* and *P. fragariae* var *fragariae* in strawberries (Eikemo *et al.*, 2003), and against *P. capsici* in squash (Kone *et al.*, 2009). Similarly, the pre-treatment of *Curcuma longa* seedlings induces SAR against *Pythium aphanidermatum* (Radhakrishnan *et al.*, 2011). However, the effect of ASM against *P. capsici* in other pepper varieties has not been well documented.

Plants can modify their level of resistance to diseases as the age of the plant or the maturity of the tissues advances (Develey-Riviere and Galiana, 2007). These changes in resistance are every time more recognized as an important component of plant defense against infection (Whallen, 2005) and may have important implications in the definition of adequate control strategies. The severity of the damage by *P. capsici* may vary with the age of the seedlings (Kim *et al.*, 1989). In cucurbitaceae, older fruits showed a gradual reduction in susceptibility to *P. capsici* with respect to younger fruits (Ando *et al.*, 2009). Similarly, pepper (*C. annuum* L.) fruits are less infected as they advance in their maturation process (Biles *et al.*, 1993).

The joint management of resistance inducers and variation in the age of the seedlings when transplanting are two more elements in managing pepper wilt by *P. capsici* that could contribute to decrease the amount of fungicides used in the production of this crop. In the present work, we evaluated whether the regular application of ASM to plants of different ages at transplanting can be used as a strategy to decrease wilt severity in two cultivars of Serrano pepper.

MATERIALS AND METHODS

Establishment of the experiments. Every 15 d, pepper (*C. annuum*) seeds of the Camino Real

El manejo conjunto de inductores de resistencia y la variación en la edad de las plántulas al trasplante son dos elementos más en el manejo de la marchitez del chile por *P. capsici* que podrían contribuir a reducir la cantidad de fungicidas empleados en la producción de este cultivo. En el presente trabajo se evaluó si la aplicación regular de ASM a plantas de diferentes edades al trasplante puede ser utilizada como una estrategia de reducción de la severidad de la marchitez en dos cultivares de chile serrano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Establecimiento de los experimentos. Se sembraron cada 15 días semillas de chile (*C. annuum*) del cv. híbrido Camino Real (Harris Moran) y de un cultivar criollo de Tetela de Ocampo, Estado de Puebla, México, en vasos de poliuretano de 125 ml con peat moss (PREMIER) más perlita (AGROLITA), esterilizados y en proporción 3:1. Plántulas de 45, 30 y 15 d fueron trasplantadas a macetas de poliuretano con 1 L de suelo de la región productora de chile de la Vega de Metztlán, Hidalgo, México (VMH), donde la marchitez es un problema grave. Como tratamientos se definió un arreglo factorial de los factores: 1) cultivar (Camino Real y criollo de Tetela de Ocampo), 2) edad de las plántulas (trasplantadas a 45, 30 y 15 d después de la siembra), 3) inductor de resistencia (con o sin aplicación de ASM) y 4) inoculación con *P. capsici* (Cepa 1, Cepa 2 y un testigo no inoculado). De esta forma se tuvo un total de 36 combinaciones (2 x 3 x 2 x 3) a evaluar. El experimento fue establecido en condiciones de invernadero, bajo un diseño completamente al azar con diez repeticiones y se realizó dos veces.

En los tratamientos correspondientes se aplicó semanalmente al follaje 1 mg de ASM/planta a

(Harris Moran) hybrid and a creole cultivar from Tetela de Ocampo, Puebla state, Mexico, were planted in 125 ml polyurethane cups with sterilized peat moss (PREMIER) and perlite (AGROLITA) at a 3:1 proportion. The seedlings were transplanted at 45, 30, and 15 d age into polyurethane pots with 1 L soil from the pepper producing region in Vega de Metztlán, Hidalgo, Mexico (VMH), where pepper wilt is a serious problem. To define treatments, a factorial arrangement of the following factors was constructed: 1) cultivar (Camino Real and creole from Tetela de Ocampo), 2) seedling age (transplanted at 45, 30, and 15 d after seeding), 3) resistance inducer (with or without ASM), and 4) *P. capsici* inoculation (Strain 1, Strain 2, and a control without inoculation). A total of 36 combinations (2 x 3 x 2 x 3) were evaluated. The experiment was established under greenhouse conditions, under a completely random design with ten replicates, and it was done twice.

In the corresponding treatments, the leaves were sprayed weekly with 1 mg ASM/plant to the seedlings of all three ages, beginning one week before transplanting and until the end of the experiment (51 d after transplanting). Actigard® 50 (Syngenta) was used as a source of ASM. The inoculation of *P. capsici* was done 45 d after transplantation. The strains used were isolated from Serrano pepper plants from the VMH and they were previously tested as pathogenic in the abovementioned cultivars. Before inoculation, all the plants were irrigated with distilled water. Each seedling was inoculated with 1 mL of a suspension with 10^5 zoospores/mL. The suspension was injected into the base of the stem at a depth of 2 cm. After inoculation, all plants were irrigated until the soil in each pot was saturated. The controls without inoculation were treated with sterile distilled water. Daily temperature conditions in the greenhouse varied from 12 to 35 °C.

plántulas de las tres edades, iniciando una semana antes del trasplante y hasta el término del experimento (51 d después del trasplante). Como fuente de ASM se utilizó el producto Actigard® 50 (Syngenta). La inoculación de *P. capsici* se realizó a los 45 d después del trasplante. Las cepas utilizadas fueron aisladas de plantas de chile serrano de la VMH y probadas previamente como patogénicas en los cultivares arriba mencionados. Antes de la inoculación se aplicó un riego con agua destilada a todas las plantas. Cada plántula fue inoculada con 1 mL de una suspensión de 10^5 zoosporas/mL. La suspensión fue inyectada al pie del tallo a una profundidad de 2 cm. Después de la inoculación, se regó hasta saturar el suelo de cada maceta. Los testigos no inoculados fueron tratados con agua destilada estéril. Las condiciones diarias de temperatura en el invernadero variaron de 12 a 35 °C.

VARIABLES EVALUADAS. A partir del trasplante, se evaluó cada tercer día la severidad de la marchitez, la altura de planta y el número de hojas. Al final del experimento se evaluó el peso seco de la parte aérea. La severidad fue evaluada con base en la escala de Morán *et al.* (2010). Con estos resultados se calculó el área bajo la curva del progreso de la severidad (ABCPS) mediante el método de integración trapezoidal (Shaner y Finney, 1977). Para la estimación del peso seco de planta, el material vegetal fue colocado en bolsas de papel con perforaciones y secado en una estufa de aire forzado a 70 °C, durante 72 h. Al final del experimento se colectaron segmentos de raíces y se incubaron a temperatura ambiente (24 °C) en medio PARPH (Kannwischer y Mitchell, 1978) y en cajas de Petri con agua destilada estéril para verificar la aparición de micelio cenocítico con esporangios típicos de *P. capsici*.

ANÁLISIS DE DATOS. Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante técnicas de análisis

EVALUATED VARIABLES. After transplanting, wilt severity, plant height, and the number of leaves per plant were evaluated every third day. At the end of the experiment, the dry weight of the aerial part was evaluated. The severity was evaluated based on the scale of Moran *et al.* (2010). From these results, the area under the disease progress curve (AUDPC) was calculated by means of the trapezoidal integration method (Shaner and Finney, 1977). To estimate the dry weight of the plants, the plant material was placed in perforated paper bags and dried in a forced air oven at 70 °C for 72 h. At the end of the experiment, root segments were collected and incubated at room temperature (24 °C) in PARPH medium (Kannwischer and Mitchell, 1978). Also, root subsamples were placed in Petri dishes with sterile distilled water to verify the occurrence of coenocytic mycelia with sporangia typical of *P. capsici*.

DATA ANALYSIS. The data obtained were analyzed statistically by the variance analysis technique and the Tukey multiple range test (Steel and Torrie, 1980). The information was processed with the SAS (Statistical Analysis System, v. 9.3 Cary, North Carolina) statistical software.

RESULTS

Table 1 shows a summary of the results of the variance analysis for the main variables evaluated in the present work. Figures 1 to 7 report the results for the highest order significant interactions.

Area under the disease progress curve (AUDPC). In experiment 1, the variance analysis indicated highly significant effects of the age X cultivar X resistance inducer X inoculation interaction ($P < 0.0004$). This result indicates that, in general,

de varianza y la prueba de rango múltiple de Tukey (Steel y Torrie, 1980). La información fue procesada mediante el paquete para análisis estadístico SAS (Statistical Analysis System, v. 9.3 Cary, North Carolina).

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se presenta un resumen de los resultados del análisis de varianza de las principales variables evaluadas en el presente trabajo. En las Figuras 1 a 7 se reportan resultados para las interacciones significativas de mayor orden.

Área bajo la curva del progreso de la severidad (ABCPS). En el experimento 1, el análisis

the plants of age 1 (transplanted 45 d after seeding) had a greater AUDPC than those of ages 2 and 3 (transplanted 30 and 15 d) (Figure 1). At age 1, the inoculation with *P. capsici* had a greater AUDPC than the controls with ASM and no inoculation, particularly when the plants were infected with Strain 1 (Figure 1). When ASM was not applied, the differences between treatments with or without inoculation were only significant in the Camino Real cultivar when it was inoculated with Strain 1. With the exception of this treatment, the response pattern among cultivars at this age was similar. In ages 2 and 3, although AUDPC was greater in the inoculated treatments, the difference with respect to the control were only significant in the plants of the Tetela de Ocampo cultivar inoculated with Strain 1, without ASM.

Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza ($P > F$) de variables evaluadas en plantas de chile serrano (*Capsicum annuum* L.).
Table 1. Summary of the variance analysis ($P > F$) of the variables evaluated in Serrano pepper plants (*Capsicum annuum* L.).

Factor	g.l.	Peso seco de la parte aérea		Área bajo la curva del progreso de la severidad	
		Experimento 1	Experimento 2	Experimento 1	Experimento 2
Edad ¹	2	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Genotipo ²	1	0.0001	<.0001	0.0378	0.4028
Edad*Genotipo	2	0.0162	0.0045	<.0001	0.0002
Inductor ³	1	<.0001	<.0001	0.0012	0.1636
Edad*Inductor	2	0.8919	0.0016	0.2513	0.0337
Genotipo*Inductor	1	0.0201	0.9996	0.8157	0.3399
Edad*Genotipo*Inductor	2	0.0137*	0.0069*	0.2393	0.4828
Inóculo ⁴	2	0.0141	0.8722	<.0001	<.0001
Edad*Inóculo	4	0.2604	0.1566	0.0164	0.0093
Genotipo*Inóculo	2	0.2717	0.1294	0.0632	<.0001
Edad*Genotipo*Inóculo	4	0.023*	0.6472	0.0214	<.0001**
Inductor*Inóculo	2	0.0344*	0.4614	0.4252	0.1095
Edad*Inductor*Inóculo	4	0.1309	0.3626	0.0032	0.0015**
Genotipo*Inductor*Inóculo	2	0.2105	0.6723	0.932	0.2294
Edad*Genotipo*Inductor*Inóculo	4	0.0762	0.4897	0.0004**	0.4027

¹Trasplante a 45, 30 y 15 días después de la siembra.

²cv Camino Real (Harris Moran), cv criollo de Tetela de Ocampo, Puebla.

³Con acibenzolar S-metil, sin Inductor de resistencia.

⁴Testigo no Inoculado, Cepa 1 y Cepa 2 de *Phytophthora capsici*.

** Interacción utilizada para la comparación de medias y preparación de gráficas.

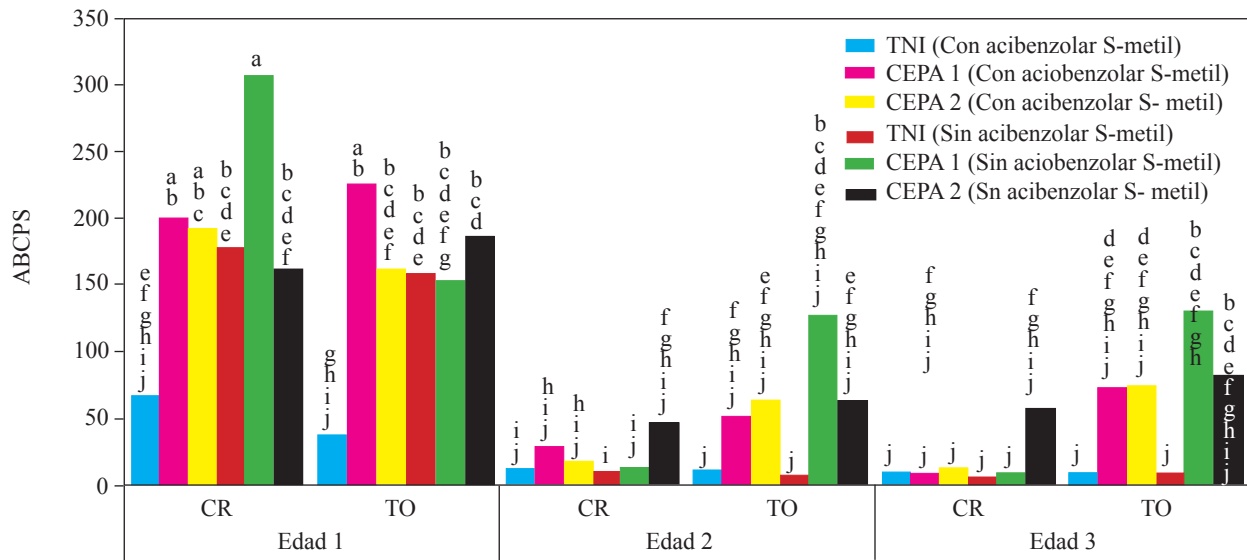


Figura 1. Experimento 1. Efecto de interacción Edad de la planta X Genotipo X Inductor de Resistencia X Inoculación con *Phytophthora capsici* sobre el área bajo la curva del progreso de la severidad de la marchitez del chile (*Capsicum annuum* L.) cultivado en suelo no esterilizado de la Vega de Metztlán Hidalgo (VMH). Las cepas del oomiceto fueron aisladas de plantas de chile serrano de la VMH. La inoculación se realizó con 10^5 zoosporas por planta a los 45 días después del trasplante. Promedios de diez repeticiones. Las medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.5$). Edad 1, 2 y 3=trasplante a 45, 30 y 15 días después de la siembra. CR = cv Camino Real (Harris Moran). TO=cv criollo de Tetela de Ocampo, Puebla. TNI=testigo no inoculado con *P. capsici*, suelo no esterilizado.

Figure 1. Experiment 1. Effect of the Plant age X Genotype X Resistance inducer X *Phytophthora capsici* inoculation interaction on the area under the disease progress curve of Serrano pepper plants (*Capsicum annuum* L.) cultivated in unsterilized soil from the Vega de Metztlán, Hidalgo (VMH). The oomycete strains were isolated from Serrano pepper plants from the VMH. The inoculation was done with 10^5 zoospores per plant 45 days after transplanting. Means from ten replicates. Means with the same letter are statistically equal (Tukey $\alpha = 0.5$). Age 1, 2, and 3 = transplant at 45, 30, and 15 days after seeding. CR = Camino Real (Harris Moran) cv. TO = Tetela de Ocampo, Puebla, creole cv. TNI = control without *P. capsici* inoculation, unsterilized soil.

de varianza indicó efectos altamente significativos de la interacción edad X cultivar X inductor X inoculación ($P<0.0004$). Este resultado indica que, en general, las plantas de la edad 1 (trasplantadas a 45 d después de la siembra) tuvieron un ABCPS más alto que en las edades 2 y 3 (trasplantadas a 30 y 15 d) (Figura 1). En la edad 1, la inoculación con *P. capsici* produjo una mayor ABCPS que en los testigos no inoculados, con ASM, particularmente cuando las plantas fueron infectadas con la cepa 1 (Figura 1). Cuando no se aplicó ASM las diferencias entre tratamientos con y sin inoculación sólo fueron significativas cuando se aplicó la cepa 1 en

The application of ASM decreased the AUDPC, but not in all cases. At age 1, the Camino Real plants inoculated with Strain 1 of *P. capsici* and the control plants with no inoculation treated with ASM had a lower AUDPC than those not treated with the inducer. However, plants inoculated with Strain 2 showed no decrease in the AUDPC by effect of ASM, and the value of this variable resulted significantly higher than the control without inoculation but with ASM. Plants at ages 2 and 3, with and without ASM, had statistically equal AUDPC.

In experiment 2, the variance analysis indicated highly significant effects of the age X genotype

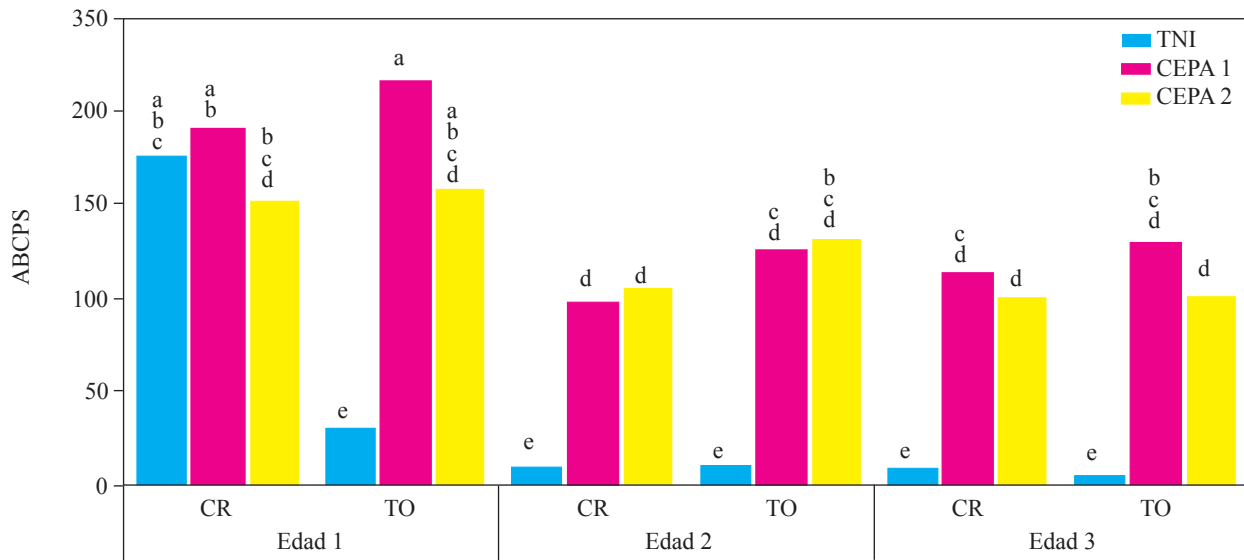


Figura 2. Experimento 2. Efecto de interacción Edad de la planta X Genotipo X Inoculación con *Phytophthora capsici* sobre el área bajo la curva del progreso de la severidad de la marchitez del chile serrano (*Capsicum annuum* L.) cultivado en suelo no esterilizado de la Vega de Metztitlán Hidalgo (VMH). Las cepas del oomiceto fueron aisladas de plantas de chile serrano de la VMH. La inoculación se realizó con 10⁵ zoosporas por planta a los 45 días después del trasplante. Medias de veinte repeticiones. Las medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.5$). Edad 1, 2 y 3 = trasplante a 45, 30 y 15 días después de la siembra. CR = cv Camino Real (Harris Moran). TO = cv criollo de Tetela de Ocampo, Puebla. TNI = Testigo no inoculado con *P. capsici*, suelo no esterilizado.

Figure 2. Experiment 2. Effect of the Plant age X Genotype X *Phytophthora capsici* inoculation interaction on the area under the disease progress curve of Serrano pepper plants (*Capsicum annuum* L.) cultivated in unsterilized soil from the Vega de Metztitlán, Hidalgo (VMH). The oomycete strains were isolated from Serrano pepper plants from the VMH. The inoculation was done with 10⁵ zoospores per plant 45 days after transplantation. Means from 20 replicates. Means with the same letter are statistically equal (Tukey $\alpha = 0.5$). Age 1, 2, and 3 = transplant at 45, 30, and 15 days after seeding. CR = Camino Real (Harris Moran) cv. TO = Tetela de Ocampo, Puebla, creole cv. TNI = control without *P. capsici* inoculation, unsterilized soil.

el cultivar Camino Real. Con excepción de este tratamiento, el patrón de respuesta entre cultivares en esa edad resultó similar. En las edades 2 y 3, el ABCPS, aunque fue más alto en los tratamientos inoculados, las diferencias con respecto al testigo sólo resultaron significativas en plantas del cultivar criollo Tetela de Ocampo inoculadas con la cepa 1, sin ASM.

La aplicación de ASM redujo el ABCPS pero no en todos los casos. En la edad 1, las plantas del cv Camino Real, inoculadas con la cepa 1 de *P. capsici* y las plantas testigo no inoculadas, tratadas con ASM, tuvieron menor ABCPS que las no tratadas con este inductor. Sin embargo las plantas

X inoculation ($P<0.0001$) and age X resistance inducer X inoculation ($P<0.0015$) interactions. In the first interaction, no significant differences were detected in AUDPC among the different ages, except when the plants of age 1 were inoculated with Strain 1 (Figure 2), where there was a greater AUDPC. The rest of the differences were mainly due to the inoculation with *P. capsici*, regardless of the strain, which caused greater AUDPC than in the controls (Figures 2 and 3), with the exception of Camino Real cv. plants of age 1 without inoculation, which resulted statistically equal.

When analyzing the age X resistance inducer X inoculation interaction (Figure 3), it can be seen

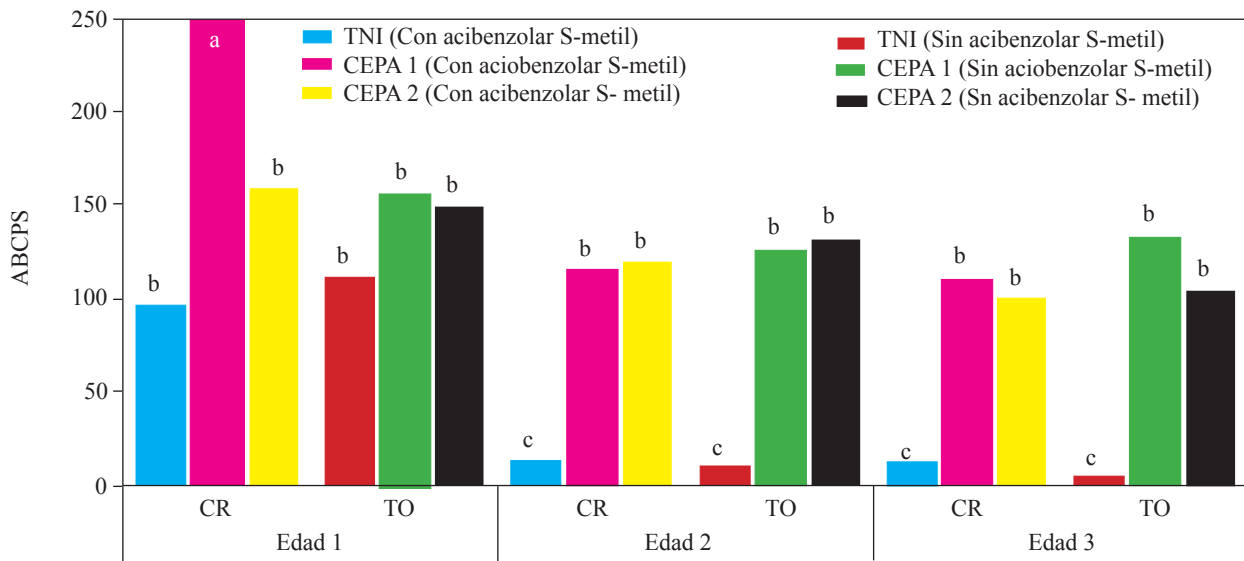


Figura 3. Experimento 2. Efecto de interacción Edad de la planta X Inductor de Resistencia X Inoculación con *Phytophthora capsici* sobre el área bajo la curva del progreso de la severidad de la marchitez del chile serrano (*Capsicum annuum* L.) cultivados en suelo no esterilizado de la Vega de Metztlán Hidalgo (VMH). Las cepas del oomiceto fueron aisladas de plantas de chile serrano de la VMH. La inoculación se realizó con 10^5 zoosporas por planta a los 45 días después del trasplante. Medias de veinte repeticiones. Las medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.5$). Edad 1, 2 y 3 = trasplante a 45, 30 y 15 días después de la siembra. CI = con acibenzolar S-metil. SI = sin inductor de resistencia. TNI = testigo no inoculado con *P. capsici*, suelo no esterilizado.

Figure 3. Experiment 2. Effect of the Plant age X Resistance inducer X *Phytophthora capsici* inoculation interaction on the area under the disease progress curve of Serrano pepper plants (*Capsicum annuum* L.) cultivated in unsterilized soil from the Vega de Metztlán, Hidalgo (VMH). The oomycete strains were isolated from Serrano pepper plants from the VMH. The inoculation was done with 10^5 zoospores per plant 45 days after transplantation. Means from 20 replicates. Means with the same letter are statistically equal (Tukey $\alpha = 0.5$). Age 1, 2, and 3 = transplant at 45, 30, and 15 days after seeding. CI=with acibenzolar S-methyl. SI = with no resistance inducer. TNI = control without *P. capsici* inoculation, unsterilized soil.

inoculadas con la cepa 2 no tuvieron reducción en el ABCPS por efecto del ASM y el valor de esta variable resultó significativamente más alto que el testigo no inoculado, con ASM. Las plantas de la edad 2 y 3, con y sin ASM, tuvieron un ABCPS y estadísticamente igual.

En el experimento 2, el análisis de varianza indicó efectos altamente significativos de la interacciones edad X genotipo X inoculación ($P < 0.0001$) y edad X inductor X inoculación ($P < 0.0015$). En la primera interacción no se detectaron diferencias en el ABCPS debidas a las diferentes edades, excepto cuando las plantas de la edad 1 fueron inoculadas con

that there was no significant decrease in AUDPC with the application of ASM, regardless of the age. Moreover, against expectations, plants of age 1 inoculated with Strain 1 and treated with ASM had a greater AUDPC than the control without inoculation and treated with ASM.

Formation of mycelia and sporangia of *P. capsici* from pepper roots. At the end of the experiments, there was mycelium growth in PARPH medium from plants of all ages inoculated with both strains of *P. capsici*, but the greatest number of segments where there was mycelial growth occurred in

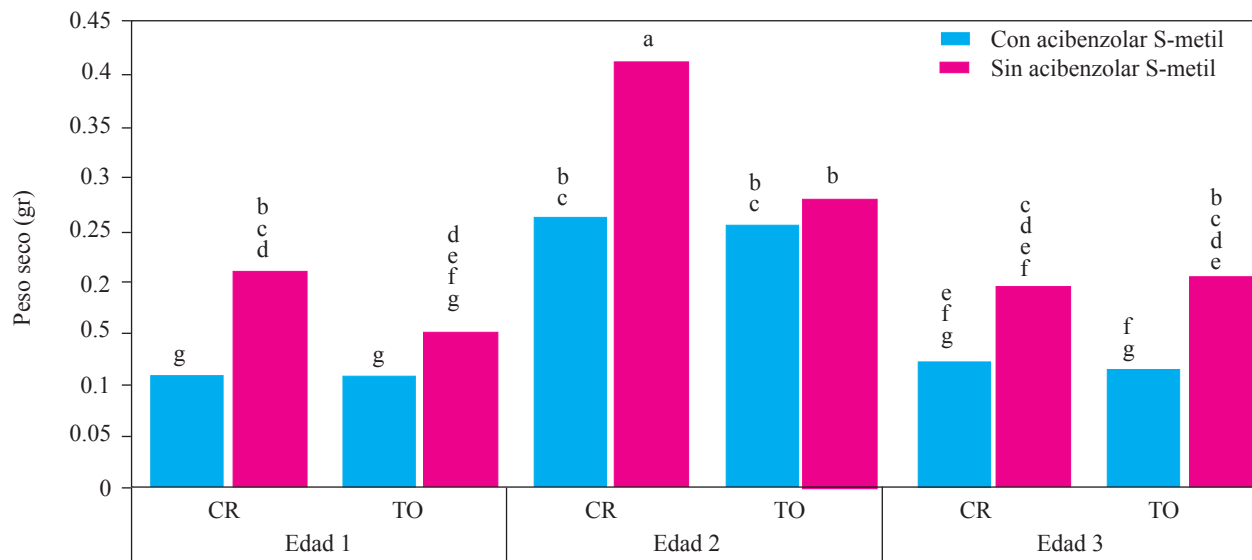


Figura 4. Experimento 1. Efecto de interacción Edad de la planta X Genotipo X Inductor de Resistencia sobre el peso seco de la parte aérea de plantas de chile (*Capsicum annuum* L.) cultivadas en suelo no esterilizado de la Vega de Metztlán Hidalgo (VMH). Promedios de 30 repeticiones. Las medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.5$). Edad 1, 2 y 3 = trasplante a 45, 30 y 15 días después de la siembra. CR = cv Camino Real (Harris Moran). TO = cv criollo de Tetela de Ocampo, Puebla. CI = con acibenzolar S-metil. SI = sin inductor de resistencia.

Figure 4. Experiment 1. Effect of the Plant age X Genotype X Resistance inducer interaction on the dry weight of the aerial part of Serrano pepper plants (*Capsicum annuum* L.) cultivated in unsterilized soil from the Vega de Metztlán, Hidalgo (VMH). Means from 30 replicates. Means with the same letter are statistically equal (Tukey $\alpha = 0.5$). Age 1, 2, and 3 = transplant at 45, 30, and 15 days after seeding. CR = Camino Real (Harris Moran) cv. TO = Tetela de Ocampo, Puebla, creole cv. CI = with acibenzolar S-methyl. SI = without resistance inducer.

la cepa 1 (Figura 2), donde se observó la ABCPS más alta. El resto de diferencias se debió principalmente a la inoculación con *P. capsici*, independientemente de la cepa, quien causó mayor ABCPS que en los testigos (Figuras 2 y 3), con excepción de las plantas no inoculadas de la edad 1, cv Camino Real, que resultaron estadísticamente iguales.

Al analizar la interacción edad X inductor X inoculación (Figura 3) se observa que no hubo reducción significativa del ABCPS con la aplicación de ASM, independientemente de la edad. Además, contra lo que se esperaba, las plantas de la edad 1 inoculadas con la Cepa 1 y tratadas con ASM tuvieron mayor ABCPS que el testigo no inoculado y tratado con ASM.

Formación de micelio y esporangios de *P. capsici* a partir raíces de chile. Al final de los experimentos

plants inoculated 45 d after seeding (age 1). The frequency of cases in ages 2 and 3 was considerably lower. ASM tended to decrease the number of cases with mycelium growth in age 1 but did not inhibit infection (data not shown). The formation of sporangia in water from root segments of pepper inoculated with *P. capsici* only occurred in age 1 plants in both experiments. These reproductive structures were not detected in plants from age 2 and 3 in any treatment.

Dry weight of the aerial part, number of leaves, and plant height. In experiment 1, the variance analysis indicated significant effects on the dry weight of the aerial part (DWAP) in the age X genotype X resistance inducer ($P=0.0137$), age X genotype X inoculum ($P=0.023$), and resistance inducer X inoculum ($P=0.0344$) interactions. The

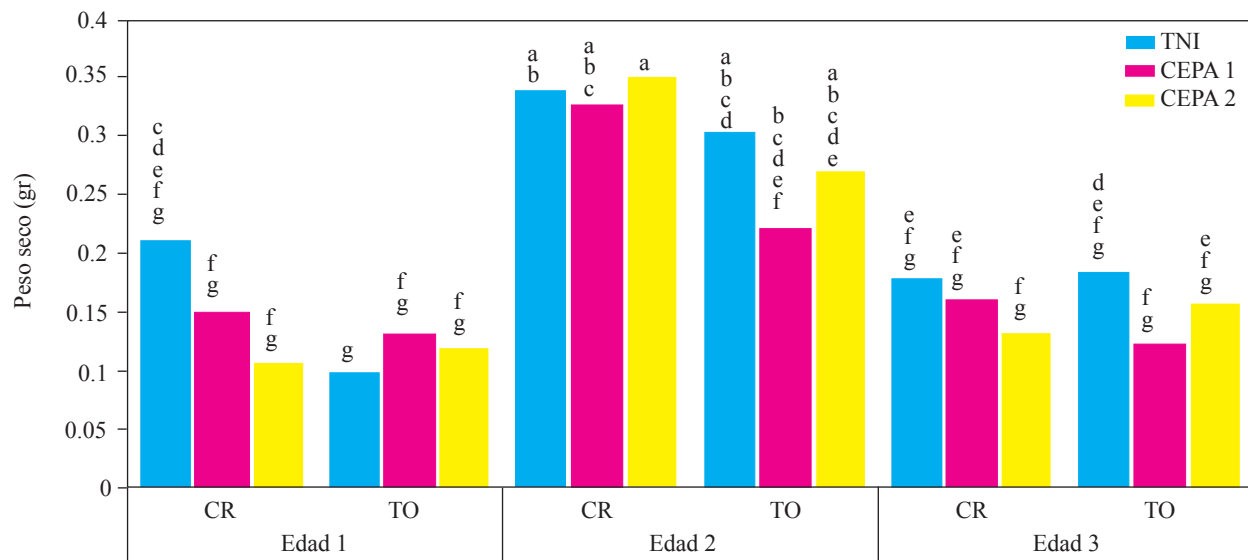


Figura 5. Experimento 1. Efecto de interacción Edad de la planta X Genotipo X Inoculación con *Phytophthora capsici* sobre el peso seco de la parte aérea de plantas de chile (*Capsicum annuum* L.) cultivadas en suelo no esterilizado de la Vega de Metztlán Hidalgo (VMH). Las cepas del oomiceto fueron aisladas de plantas de chile serrano de la VMH. La inoculación se realizó con 10^5 zoosporas por planta a los 45 días después del trasplante. Promedios de 20 repeticiones. Las medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.5$). Edad 1, 2 y 3 = trasplante a 45, 30 y 15 días después de la siembra. CR = cv Camino Real (Harris Moran). TO = cv criollo de Tétela de Ocampo, Puebla. TNI = testigo no inoculado con *P. capsici*, suelo no esterilizado.

Figure 5. Experiment 1. Effect of the Plant age X Genotype X *Phytophthora capsici* inoculation interaction on the dry weight of the aerial part of Serrano pepper plants (*Capsicum annuum* L.) cultivated in unsterilized soil from the Vega de Metztlán, Hidalgo (VMH). The oomycete strains were isolated from Serrano pepper plants from the VMH. The inoculation was done with 10^5 zoospores per plant 45 days after transplantation. Means from 20 replicates. Means with the same letter are statistically equal (Tukey $\alpha = 0.5$). Age 1, 2, and 3 = transplant at 45, 30, and 15 days after seeding. CR = Camino Real (Harris Moran) cv. TO = Tetela de Ocampo, Puebla, creole cv. TNI = control without *P. capsici* inoculation, unsterilized soil.

se obtuvo crecimiento micelial en medio PARPH en plantas de todas las edades inoculadas con ambas cepas de *P. capsici*, pero la mayor cantidad de segmentos donde creció micelio ocurrió en plantas inoculadas a 45 d después de la siembra (edad 1). La frecuencia de casos en las edades 2 y 3 fue considerablemente menor. El ASM tendió a reducir el número de casos con formación de micelio en la edad 1 pero no inhibió la infección (datos no mostrados). La formación de esporangios en agua, a partir de segmentos de raíz de chile inoculadas con *P. capsici*, sólo ocurrió en plantas de la edad 1 en ambos experimentos, pero en plantas de las edades 2 y 3 no se detectaron estas estructuras reproductivas en ningún tratamiento.

first interaction indicates that ASM decreased DWAP in all ages and cultivars, but only in the Camino Real cv., ages 1 and 2, and the Tetela de Ocampo cv., age 3, the differences between plants with and without ASM treatment were significant (Figure 4).

In the case of the age X genotype X inoculation interaction, the results indicate that the DWAP of the Camino Real cv., age 2, with or without *P. capsici* inoculation, was higher than any other treatment at ages 1 and 3 (Figure 5). In the Tetela de Ocampo cv. age 2, the results were statistically equal to those of the Camino Real. In plants inoculated with Strain 1, which showed a decrease in DWAP, the differences against the rest of the treatments

Peso seco de la parte aérea, número de hojas y altura de planta. En el experimento 1, el análisis de varianza indicó efectos significativos sobre el peso seco de la parte aérea (PSPA) de las interacciones edad X genotipo X inductor ($P=0.0137$), edad X genotipo X inóculo ($P=0.023$) e inductor X inóculo ($P=0.0344$). La primera interacción indica que el ASM redujo el PSPA en todas las edades y cultivares, pero sólo en las plantas del cv Camino Real, edades 1 y 2 y en el cv Tetela de Ocampo, edad 3, las diferencias entre plantas tratadas y no tratadas con ASM, resultaron significativas (Figura 4).

En el caso de la interacción edad X genotipo X inoculación, los resultados indican que el PSPA del cv Camino Real, edad 2, con o sin inoculación con *P. capsici*, fue mayor que el de todos los tratamientos de las edades 1 y 3 (Figura 5). En el cv Tetela de Ocampo, edad 2, los resultados fueron estadísticamente iguales a los del cv Camino Real, pero, particularmente en las plantas inoculadas con la cepa 1, que mostró una reducción en el PSPA, las diferencias con el resto de tratamientos no resultaron significativas de acuerdo a la prueba de Tukey, no obstante el alto número de repeticiones involucradas y el hecho de que hubo reducciones de peso relativamente drásticas. Cabe también señalar que en la mayoría de los casos el PSPA de los testigos en cada edad y cultivar fue numéricamente más alto que en las plantas inoculadas con el patógeno. Los resultados de la interacción inductor de resistencia X inoculación indican que las plantas con ASM tuvieron valores más bajos que las no tratadas y que el valor más alto correspondió al testigo no inoculado y sin ASM (Figura 6). Las diferencias dentro del grupo de plantas sin ASM no resultaron significativas. El testigo no inoculado, sin ASM, tuvo un PSPA significativamente más alto que el de las plantas con ASM, con o sin inoculación con *P.*

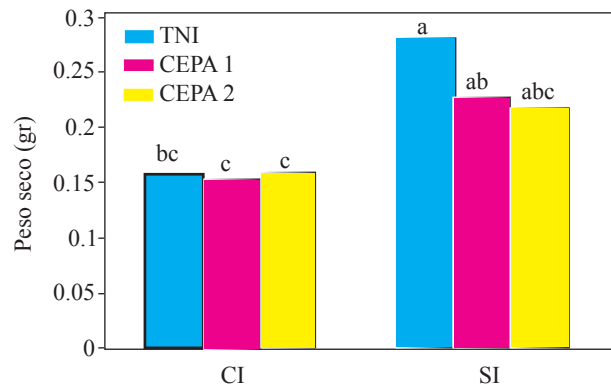


Figura 6. Experimento 1. Efecto de interacción de Inductor de Resistencia X Inoculación con *Phytophthora capsici* sobre el peso seco de la parte aérea de plantas de chile (*Capsicum annuum* L.) cultivadas en suelo no esterilizado de la Vega de Metztlán Hidalgo (VMH). Las cepas del oomiceto fueron aisladas de plantas de chile serrano de la VMH. La inoculación se realizó con 10^5 zoosporas por planta a los 45 días después del trasplante. Promedios de 60 repeticiones. Las medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha = 0.5$). TNI = testigo no inoculado con *P. capsici*, suelo no esterilizado. CI = con acibenzolar S-metil. SI = sin inductor de resistencia.

Figure 6. Experiment 1. Effect of the Resistance inducer X *Phytophthora capsici* inoculation interaction on the dry weight of the aerial part of Serrano pepper plants (*Capsicum annuum* L.) cultivated in unsterilized soil from the Vega de Metztlán, Hidalgo (VMH). The oomycete strains were isolated from Serrano pepper plants from the VMH. The inoculation was done with 10^5 zoospores per plant 45 days after transplantation. Means from 60 replicates. Means with the same letter are statistically equal (Tukey $\alpha = 0.5$). TNI = control without *P. capsici* inoculation, unsterilized soil. CI = with acibenzolar S-methyl. SI = without resistance inducer.

were not significant according to the Tukey test, regardless of the high number of replications involved and the fact that there were relatively drastic weight decreases. It is worth mentioning that in most cases, the DWAP of the controls in all ages and cultivars was numerically higher than in the plants inoculated with the pathogen.

The results of the resistance inducer X inoculation interaction indicate that the plants with

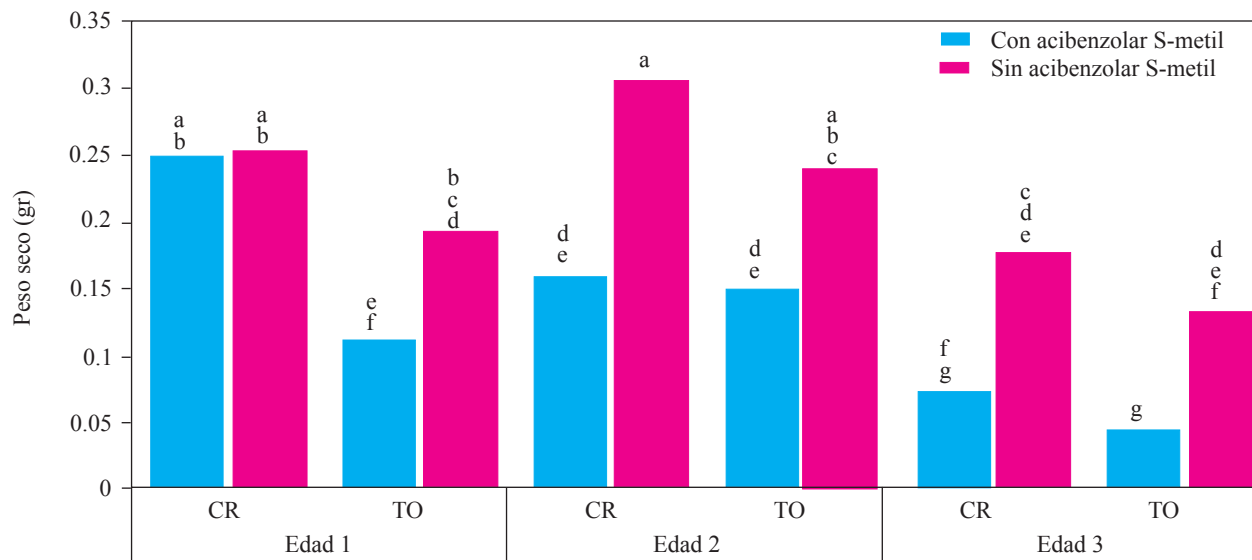


Figura 7. Experimento 2. Efecto de interacción Edad de la planta X Genotipo X Inductor de Resistencia sobre el peso seco de la parte aérea de plantas de chile (*Capsicum annuum* L.) cultivadas en suelo no esterilizado de la Vega de Metztlán Hidalgo (VMH). Promedios de 30 repeticiones. Las medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $\alpha=0.5$). Edad 1, 2 y 3 = trasplante a 45, 30 y 15 días después de la siembra. CR = cv Camino Real (Harris Moran). TO=cv criollo de Tetela de Ocampo, Puebla. CI = con acibenzolar S-metil. SI = sin inductor de resistencia.

Figure 7. Experiment 2. Effect of the Plant age X Genotype X Resistance inducer interaction on the dry weight of the aerial part of Serrano pepper plants (*Capsicum annuum* L.) cultivated in unsterilized soil from the Vega de Metztlán, Hidalgo (VMH). Means from 30 replicates. Means with the same letter are statistically equal (Tukey $\alpha = 0.5$). Age 1, 2, and 3 = transplant at 45, 30, and 15 days after seeding. CR = Camino Real (Harris Moran) cv. TO = Tetela de Ocampo, Puebla, creole cv. CI = with acibenzolar S-methyl. SI = without resistance inducer.

capsici. A su vez, el PSPA de las plantas sin ASM, inoculadas con la cepa 1 de *P. capsici*, resultó mayor que el de las plantas inoculadas, tratadas con ASM.

En el experimento 2, el análisis de varianza sólo indicó efecto significativo de la interacción edad X genotipo X inductor ($P = 0.0069$) sobre el peso seco de la parte aérea (PSPA). Este resultado indica que la aplicación de ASM causó una reducción significativa en el PSPA de las plantas de todos los genotipos y edades, con excepción del cv. Camino Real, edad 1 (Figura7). El PSPA del cv. Camino Real, edad 2, sin ASM, tuvo el valor más alto, pero fue estadísticamente igual al de las plantas del mismo cultivar, edad 1, con o sin ASM, y que las

ASM had lower DWAP values than those with no ASM and that the highest value corresponded to the control without inoculation and without ASM (Figure 6). The differences within the group of plants without ASM were not significant. The non-inoculated control with no ASM had a significantly greater DWAP than the plants with ASM, with or without *P. capsici* inoculation. Also, the DWAP of the plants with no ASM, inoculated with Strain 1 of *P. capsici* was greater than that of the inoculated plants treated with ASM.

In experiment 2, the variance analysis only showed significant effect of the age X genotype X resistance inducer interaction ($P = 0.0069$) on the dry weight of the aerial part (DWAP). This

del cultivar Tetela de Ocampo, edad 2, sin ASM. El PSPA en plantas de la edad 3, con ASM, fue significativamente más bajo en las plantas tratadas con este inductor de resistencia, independientemente del cultivar.

Los resultados del análisis de varianza del número de hojas y del área bajo la curva del progreso de la altura de planta mostraron tendencias similares a las descritas para el PSPA, con una reducción significativa en el valor de estas variables por efecto de la aplicación de ASM y una tendencia a mayor desarrollo en plantas de la edad 2, con efectos negativos de la inoculación con *P. capsici* con respecto a los testigos no inoculados (datos no mostrados).

DISCUSIÓN

En el presente trabajo el ASM causó una reducción en el ABCPS de la marchitez del chile pero el efecto no fue consistente contra las dos cepas evaluadas. El factor edad de la planta por su parte determinó cambios importantes en la expresión de enfermedad.

El ASM tendió a ser más eficaz en la reducción de la severidad de la marchitez del chile en plantas de las edades 2 y 3, pero no inhibió completamente la expresión de síntomas. Esto concuerda con otros investigadores que han reportado reducción de la enfermedad con la aplicación de ASM contra *P. capsici* en chile pimiento (Matheron y Porchas, 2002) y en calabaza (Koné *et al.*, 2009). En este trabajo, el ASM se aplicó semanalmente a partir de una semana antes de inoculación, pero causó una reducción en el peso seco, número de hojas y altura de las plantas de todas las edades. Ramos (2013) también observó una disminución en el desarrollo y crecimiento de plantas de (*Physalis peruviana*) a concentraciones de ASM mayores de 10 mg/L.

result indicates that the application of ASM caused a significant decrease in the DWAP of plants of all genotypes and ages, with the exception of the Camino Real cv., age 1 (Figure 7). The DWAP of the Camino Real cv., age 2, without ASM had the highest value, but it was statistically equal to the plants of the same cultivar, age 1, with and without ASM and to the Tetela de Ocampo cultivar, age 2, without ASM. The DWAP of plants age 3, with ASM was significantly lower in the plants treated with this resistance inducer, regardless of the cultivar.

The results of the variance analysis of the number of leaves and the area under the plant height progress curve of showed similar trends than those described for the DWAP. There was a significant decrease in the value of these variables due to ASM application and a tendency to greater development in plants of age 2, with negative effects of *P. capsici* inoculation with respect to the controls with no inoculation (data not shown).

DISCUSSION

In the present work, ASM caused a decrease of the AUDPC of pepper wilt, although the effect was not consistent against both of the evaluated strains. The plant age factor determined important changes in the expression of the disease.

ASM tended to be more effective in decreasing the severity of pepper wilt in plants of ages 2 and 3, but it did not completely inhibit symptoms expression. This result agrees with other researchers who have reported a decrease in the disease with the application of ASM against *P. capsici* in bell pepper (Matheron and Porchas, 2002) and in squash (Kone *et al.*, 2009). In this work, ASM was applied weekly starting one week before inoculation, but it caused a decrease in dry weight,

Mejía *et al.* (2009) a dosis de 25 mg/L observaron también resultados similares en el cultivo del tomate de árbol (*Solanum betaceum*). Por su parte, Nair *et al.* (2007) reportaron que dosis de 25 mg/L retardaron el crecimiento de plantas de Amaranto (*Amaranthus* spp.). La activación de la resistencia sistémica adquirida mediante el uso del ASM puede conducir a un costo energético adicional, produciendo plantas y productos de menor tamaño y peso (Van Wees *et al.*, 2000; Romero *et al.*, 2001). Sin embargo, el efecto de la aplicación de inductores puede depender del tiempo de activación de las señales, de la cepa del hongo, del inductor empleado y de la persistencia de las mismas sobre las plantas (Perazzolli *et al.*, 2008). Resulta entonces necesario realizar ensayos adicionales para optimizar el tiempo y dosis de aplicación de ASM. Por otra parte, se ha reportado que la combinación de inductores de resistencia sistémica inducida (RSI) con microorganismos que propician la resistencia sistémica adquirida (RSA) da como resultado una mayor coordinación entre las rutas metabólicas implicadas (Abo-Elyousr *et al.*, 2009), aunque se ha reportado que la activación de una ruta inhibe la otra. Este tipo de combinaciones no ha sido evaluado en Chile, por lo que sería recomendable probar la acción conjunta de inductores de RSI y RSA, así como la aplicación subsecuente de fungicidas.

Factores asociados a los cambios bioquímicos y fisiológicos en diferentes edades de las plántulas evaluadas pudieron determinar variaciones en la susceptibilidad a la enfermedad (Kim *et al.*, 1989; Gevens *et al.*, 2006; Juvany *et al.*, 2013). Para efectos prácticos, el uso de plántulas de 30 días de edad, con una dosis optimizada de ASM podría coadyuvar a una menor daño por *P. capsici*, particularmente si se toma en cuenta que los niveles naturales de infección en el suelo usado este trabajo fueron considerablemente menores que los obtenidos con la inoculación de un alto número de zoosporas por planta.

number of leaves, and plant height in plants of all ages. Ramos (2013) also observed a decrease in plant development and growth in uchuva (*Physallis peruviana*) plants using ASM concentrations greater than 10 mg/L. Mejía *et al.* (2009) also observed similar results on tree tomato (*Solanum betaceum*) with doses of 25 mg/L. Also, Nair *et al.* (2007) reported that doses of 25 mg/L delayed growth in amaranth plants (*Amaranthus* spp.). The activation of systemic acquired resistance through the use of ASM can lead to an additional energetic cost, thus producing smaller and lighter plants and fruits (Van Wees *et al.*, 2000; Romero *et al.*, 2001). However, the effect of applying inducers may depend on the time of activation of the signals, the fungal strain, the inducer used, and its persistence on the plants (Perazzolli *et al.*, 2008). It is then necessary to carry out further essays to optimize the time and application dose of ASM. On the other hand, there are reports about that the combination of induced systemic resistance (ISR) inducers with microorganisms that propitiate SAR results in a greater coordination between the implicated metabolic pathways (Abo-Elyousr *et al.*, 2009); although there are reports about that the activation of one pathway inhibits the other. This type of combinations has not been evaluated in pepper, making it recommendable to test the joint action of ISR and SAR inducers, as well as the subsequent application of fungicides.

Factors associated with the biochemical and physiological changes at different seedling ages could determine variations in the susceptibility to the disease (Kim *et al.*, 1989; Gevens *et al.*, 2006; Juvany *et al.*, 2013). For practical purposes, the use of 30 d old plants with an optimized dose of ASM could help to decrease the damage from *P. capsici*. This may be particularly true if natural infection levels are as low as the ones seen in the soil used in this work which were considerably lower than those

Es necesario, sin embargo, evaluar este comportamiento bajo condiciones de campo, ya que factores ambientales y de manejo bajo esas condiciones, no son fácilmente reproducibles en invernadero.

CONCLUSIONES

La aplicación de ASM redujo el ABCPS de la marchitez del chile serrano pero también causó, en la mayoría de los casos, una reducción en la acumulación de materia seca en la parte aérea de plantas de los cultivares Camino Real (Harris Moran) y criollo de Tetela de Ocampo, Puebla.

Plantas de chile de 30 d de edad después de la siembra tuvieron mayor tolerancia a la marchitez y mayor desarrollo que plantas de 45 d o de 15 d, independientemente de si fueron inoculadas con *P. capsici* a los 45 d después del trasplante a suelo.

Agradecimientos

Al Colegio de Postgraduados, por los recursos económicos otorgados para la realización de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Abo-Elyousr KA, Hashemb M and Alib EH. 2009. Integrated control of cotton root rot disease by mixing fungal bio-control agents and resistance inducers. *Crop Protection* 28:295-301.
- Ando K, Hammar S, and Grumet R. 2009. Age-related resistance of diverse cucurbit fruit to infection by *Phytophthora capsici*. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 134:176–182.
- Biles C, Wall M, Waugh M and Palmer H. 1993. Relationship of *Phytophthora* fruit rot to fruit maturation and cuticle thickness of New Mexican-type peppers. *Phytopathology* 83:607-611.
- Buzi A, Chilosi G, De Sillo D and Magro P. 2004. Induction of resistance in melon to *Dydimella bryoniae* and *Sclerotinia sclerotiorum* by seed treatments with acibenzolar-S-methyl and methyl jasmonate but not with salicylic acid. *Journal Phytopathology* 152: 34-42.

obtained with the inoculation of a high number of zoospores per plant. It is necessary, however, to evaluate this behavior under field conditions, since environmental and management factors under those conditions are not easily reproduced in the greenhouse.

CONCLUSIONS

The application of ASM decreased the AUDPC of Serrano pepper blight but it also caused, in most cases, a decrease in the accumulation of dry matter in the aerial part of the plants of the Camino Real (Harris Moran) and the creole from Tetela de Ocampo, Puebla cultivars.

Thirty day old pepper plants had greater tolerance to wilt and greater development than did 45 d and 15 d old plants, regardless of inoculation of *P. capsici*, 45 d after transplanting.

Acknowledgements

To the Colegio de Postgraduados for the economic funding granted to carry out this research.

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

- Carvajal ACE. 2013. Respuestas de defensa inducidas por acibenzolar-s-metil (ASM) en plantas de uchuva (*Physalis peruviana*). Tesis de Maestría. Bogotá, Colombia. 84p.
- Develey-Riviere MP y Galiana E. 2007. Resistance to pathogens and host developmental stage: A multifaceted relationship within the plant kingdom. *New Phytologist* 175:405–416.
- Eikemo H, Stensvand A and Tronsmo AM. 2003. Induced resistance as a possible means to control diseases of strawberry caused by *Phytophthora* spp. *Plant Disease* 87:345-350.
- Gevens AJ, Ando K, Lamour K, Grumet R and Hausbeck MK. 2006. Development of a detached cucumber fruit assay to

- screen for resistance and effect of fruit age on susceptibility to infection by *Phytophthora capsici*. *Plant Disease* 90:1276–1282.
- Granke LL, Quesada-Ocampo L and Hausbeck MK. 2012. Advances in Research on *Phytophthora capsici* on vegetable crops in The United States. *Plant Disease* 95:1588-1600.
- Guevara I y Rodríguez-Gálvez E. 2006. Inductores químicos de resistencia en la supresión de la marchites del algodonero causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* en sistema hidropónico. *Universalia* 11: 2-8.
- Juvany M, Müller M and Munné-Bosch S. 2013. Plant age-related changes in cytokinins, leaf growth and pigment accumulation in juvenile mastic trees. *Environmental and Experimental Botany* 87:10-18.
- Kannwischer ME and Mitchell DJ. 1978. The influence of a fungicide on the epidemiology of black shank of tobacco. *Phytopathology* 68: 1760-1765.
- Kim YJ, Hwang BK and Park KW. 1989. Expression of age related resistance in pepper plants infected with *Phytophthora capsici*. *Plant Disease* 73:745–747.
- Koné D, Csinos AS, Jackson KL and Ji P. 2009. Evaluation of systemic acquired resistance inducers for control of *Phytophthora capsici* on squash. *Crop Protection* 28:533-538.
- Malolepsza U. 2006. Induction of disease resistance by acibenzolar-S-methyl and O-hydroxyethylorutin against *Botrytis cinerea* in tomato plants. *Crop Protection* 25:956-962.
- Matheron ME and Porchas M. 2002. Suppression of *Phytophthora* root and crown rot on pepper plant treated with acibenzolar-S-methyl. *Plant Disease* 86: 292-297.
- Mejía D, Rodas E, Patiño L y González J. 2009. Efecto del acibenzolar-S-metil sobre el desarrollo de virosis causada por potyvirus en tomate de árbol. *Agronomía Colombiana* 27:87-93.
- Morán-Bañuelos SH, Aguilar-Rincón VH, Corona-Torres T and Zavaleta-Mejía E. 2010. Resistencia a *Phytophthora capsici* Leo. de chiles nativos del sur de Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33: 21-26.
- Nair CB, Anith KN and Sreekumar J. 2007. Mitigation of growth retardation effect of plant defense activator, acibenzolar-S-methyl, in *Amaranthus* plants by plant growth-promoting rhizobacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 23: 1183-1187.
- Perazzolli M, Dagostin S, Ferrar A, Elad I and Pertot I. 2008. Induction of systemic resistance against *Plasmopara viticola* in grapevine by *Trichoderma harzianum* T39 and benzothiadiazole. *Biological Control* 47:228-234.
- Radhakrishnan N, Alphonse AJ and Balasubramanian R. 2011. Effect of Acibenzolar-S-methyl (ASM) pre-treatment in inducing resistance against *Pythium aphanidermatum* infection in *Curcuma longa*. *Crop Protection* 30:24-32.
- Rico-Guerrero L, Medina-Ramos S, Muñoz-Sánchez CI, Guevara-Olvera L, Guevara-González RG, Guerrero-Aguilar BZ, Torres-Pacheco I, Rodríguez-Guerra R and González-Chavira MM. 2004. Detección de *Phytophthora capsici* Leonian en plantas de Chile (*Capsicum annum* L.) mediante PCR. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22:1-6.
- Romero AM, Kousik CS and Ritchie DF. 2001. Resistance to bacterial spot in bell pepper induced by acibenzolar-S-methyl. *Plant Disease* 85:189-194.
- Ramos, IM. 2013. Inducción de genes de defensa por acibenzolar-s-metil y su efecto en el control del marchitamiento vascular causado por *Fusarium oxysporum* en Uchuva (*Physalis peruviana*). Tesis de Maestría 6-92p.
- Shaner G and Finney RE. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology* 67:1051-1056.
- Steel RGD and Torrie JH. 1980. Principles and Procedures of Statistics, Second Edition: McGraw-Hill. New York, USA.
- Van Wees SCM, De Swart EAM, Van-Pelt JA, Van-Loon LC and Pieterse CMJ. 2000. Enhancement of induced disease resistance by simultaneous activation of salicylate- and jasmonate dependent defense pathways in *Arabidopsis thaliana*. *Proceeding Natural Academic. Science* 97: 8711-8716.
- Whallen MC. 2005. Host defense in a developmental context. *Molecular Plant Pathology* 6:347–360.