

DESARROLLO EPIDÉMICO DE LA CENICILLA Y RENDIMIENTO DE TRES CULTIVARES DE TOMATE EN LA COMARCA LAGUNERA, COAHUILA, MÉXICO

EPIDEMIC DEVELOPMENT OF TOMATO POWDERY MILDEW AND YIELD OF THREE TOMATO CULTIVARS IN THE COMARCA LAGUNERA, COAHUILA, MÉXICO

Remigio A. Guzmán-Plazola^{1*}, M. Liza Fajardo-Franco¹, Roberto García-Espinosa¹, M. Armando Cadena-Hinojosa²

¹Fitopatología. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. (rguzman@colpos.mx). ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 56230. Chapingo, Estado de México.

RESUMEN

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) en la Comarca Lagunera, Coahuila, México, es afectado por la cenicilla (*Leveillula taurica*). Para controlar esta enfermedad en la región se realizan aspersiones intensivas de fungicidas. Una alternativa para su manejo es el uso de genotipos tolerantes. En el presente estudio se evaluó el desarrollo epidémico y el rendimiento total y por calidades comerciales de tres cultivares de tomate tipo saladette, de hábito indeterminado (Sun 7705, Sahel y Romana Elite), cultivados en condiciones de agricultura intensiva a cielo abierto, sin aplicar fungicidas en la Comarca Lagunera. Los experimentos se establecieron en dos fechas de siembra durante 2006. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Los resultados se evaluaron con métodos estadísticos univariados y pruebas de bondad de ajuste a modelos analíticos. Sahel resultó más tolerante a la enfermedad, tuvo mayor rendimiento total y de las calidades de mayor importancia económica (XXL y XL) que Sun 7705 y Romana Elite. Los rendimientos totales obtenidos en los tres cultivares fueron superiores en la mayoría de los casos al promedio nacional en condiciones de riego. Se calculó que los rendimientos obtenibles en ausencia de cenicilla del tomate podrían variar entre 82 y 110 t ha⁻¹. La enfermedad en hojas individuales se ubicó en la parte media del dosel y tuvo una dinámica predominantemente monomolecular, con tasas intrínsecas en su mayoría menores a 0.02 lesiones lesión⁻¹ d⁻¹. El cultivar Sahel pareció una buena alternativa para la producción intensiva de tomate en la región, con bajo uso de fungicidas para controlar la cenicilla.

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum*) crop in the Comarca Lagunera, Coahuila, Mexico, is affected by powdery mildew (*Leveillula taurica*). To control this disease intensive spraying of fungicides is carried out in the region. An alternative control strategy is the use of tolerant genotypes. In the present study, an assessment was made of the epidemic development, total yield and commercial quality of three cultivars of the saladette type tomato of indeterminate growth habit (Sun 7705, Sahel and Romana Elite), grown in intensive farming conditions in the open, without application of fungicides in the Comarca Lagunera. The experiments were established in two planting dates during 2006. The experimental design was randomized block with four replications. The results were evaluated by univariate statistical methods and tests of goodness of fit to analytical models. Sahel was more tolerant to disease, recording a greater total yield and yield qualities of the highest economic importance (XXL and XL) than Sun 7705 and Romana Elite. Total yields obtained in the three cultivars were higher in most cases to national average under irrigation. It was estimated that the yields likely to be obtained in the absence of tomato powdery mildew could vary between 82 and 110 t ha⁻¹. Disease of individual leaves was located in the middle of the canopy and had a predominantly monomolecular dynamics with intrinsic rates mostly below 0.02 lesions lesion⁻¹ d⁻¹. The Sahel cultivar appeared to be a good alternative for intensive production of tomato in the region, with low use of fungicides to control powdery mildew.

Key words: *Leveillula taurica*, *Solanum lycopersicum*, epidemic, analytical models, fruit production.

* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: Junio, 2010. Aprobado: Febrero, 2011.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 45: 363-378. 2011.

Palabras clave: *Leveillula taurica*, *Solanum lycopersicum*, epidemia, modelos analíticos, producción de frutos.

INTRODUCCIÓN

Las cenicillas son enfermedades causadas por hongos que infectan hojas, tallos, flores y frutos en casi 10000 especies de angiospermas. Su control tiene costos altos debido al uso de fungicidas y a la búsqueda de genotipos resistentes (Glawe, 2008). *Leveillula taurica* (Lev.) Arn. es un patógeno causante de cenicilla en más de 700 hospedantes (Palti, 1971), entre los que destacan tomate (*Solanum lycopersicum*) y chile (*Capsicum annuum*) (Sánchez, 1983; Damicone y Sutherland, 1999; Guigón-López y González-González, 2001). Los efectos de *L. taurica* en el cultivo de tomate varían desde pérdidas de calidad por exposición de los frutos a la irradiación solar, debido al impacto del patógeno en las hojas (Guzman-Plazola, 1997), hasta pérdidas de rendimiento de 40 % (Jones y Thomson, 1987).

El control de la enfermedad se realiza con azufre humectable, myclobutanil y azoxistrobin (Guzman-Plazola, 1997; Guzman-Plazola *et al.*, 2003; Anand *et al.*, 2010), pero existe potencial en agentes de control biológico (Anand *et al.*, 2010), extractos vegetales (Sudha y Lakshmanan, 2007) e inducción de resistencia por hiperparásitos de *L. taurica* (Kasselaki *et al.*, 2006). La aspersión calendarizada de fungicidas es la práctica más usada para el manejo de la enfermedad aunque es posible usar modelos de riesgo basados en variables climáticas para optimizar la fecha de aplicación y reducir a un mínimo el número de aspersiones necesarias para el control de la enfermedad (Guzman-Plazola, 1997). La incorporación de genes de resistencia vertical a la enfermedad ha sido explorada (Chunwongse *et al.*, 1997; Foolad y Sharma, 2005), pero el uso de cultivares tolerantes es una opción de plazo corto para el control, sola o combinada con otras acciones (Correll, 1986; Dafermos *et al.*, 2007).

En México, la cenicilla del tomate causada por *L. taurica*, fue identificada por primera vez en Sinaloa (Sánchez, 1983) y actualmente puede ser detectada en diferentes regiones del país. Otro patógeno, *Oidium neolycopersici*, que también causa cenicilla en tomate, ha sido diagnosticado en invernaderos de Michoacán (Rodríguez-Alvarado *et al.*, 2007). En la Comarca Lagunera, Coahuila, *L. taurica* ataca al cultivo

INTRODUCTION

Powdery mildews are fungal diseases that infect leaves, stems, flowers and fruits in almost 10 000 species of angiosperms. Controlling them imply high costs due to the use of fungicides and the search for resistant genotypes (Glawe, 2008). *Leveillula taurica* (Lev.) Arn. is a pathogen that causes powdery mildew in more than 700 hosts (Palti, 1971), especially in tomato (*Solanum lycopersicum*) and pepper (*Capsicum annuum*) (Sanchez, 1983; Damicone and Sutherland, 1999; Guigón-López and González-González, 2001). The effects of *L. taurica* on tomato crops vary from losses in quality caused by fruit exposure to sunlight due to pathogen impact on the leaves (Guzman-Plazola, 1997), to yield losses of 40 % (Jones and Thomson, 1987.)

Disease control is performed with wettable sulfur, myclobutanil and azoxystrobin (Guzman-Plazola, 1997; Guzman-Plazola *et al.*, 2003; Anand *et al.*, 2010), but there is potential in biological control agents (Anand *et al.*, 2010), plant extracts (Sudha and Lakshmanan, 2007) and induction of resistance by hyperparasites of *L. taurica* (Kasselaki *et al.*, 2006). Scheduled fungicide spraying is the most widely used practice for the management of the disease, although it is possible to use risk models based on climatic variables to optimize the date of application and reduce the number of sprays needed for disease control (Guzman-Plazola, 1997). The incorporation of vertical resistance genes to the disease has been explored (Chunwongse *et al.*, 1997; Foolad and Sharma, 2005), but the use of tolerant cultivars is a short term option for control, either alone or in combination with other actions (Correll, 1986; Dafermos *et al.*, 2007).

In México, the tomato powdery mildew caused by *L. taurica* was first identified in Sinaloa (Sánchez, 1983) and can currently be detected in different regions of the country. Another pathogen, *Oidium neolycopersici*, which also causes powdery mildew on tomato, has been diagnosed in greenhouses of Michoacán (Rodríguez-Alvarado *et al.*, 2007). In the Comarca Lagunera, Coahuila, *L. taurica* attacks the tomato crop and up to 18 fungicide sprays are performed for disease control; this amount of sprayings represents a high proportion of crop costs. In the literature reviewed there were no reports about the impact of this disease on yield, tolerance

de tomate y se realizan hasta 18 aspersiones de fungicidas para su control, lo que representa una proporción alta del costo de producción del cultivo. En la literatura revisada no se encontraron reportes sobre el impacto de esta enfermedad en el rendimiento, la tolerancia entre genotipos de tomate o el desarrollo epidémico de la cenicilla en alguna región de México.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la tolerancia a la enfermedad causada por *L. taurica*, el desarrollo epidémico del patógeno y el rendimiento de fruto en tres cultivares de tomate de uso comercial en las condiciones de la Comarca Lagunera, en el estado de Coahuila, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dos experimentos se establecieron en el municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila, México, donde se evaluaron los genotipos de tomate de hábito indeterminado, Sun 7705 (Nunhems), Sahel (Roger Syngenta) y Romana Elite (Western Seeds) en predios (Marte y Pachuca) pertenecientes a la empresa Hortalizas de la Laguna. El primer experimento se estableció el 5 de julio de 2006, día juliano (DJ) 186, y el segundo el 5 de agosto del mismo año (DJ 217), mediante el trasplante de plántulas producidas en condiciones de invernadero. Estas fechas de siembra corresponden a las etapas de inicio de ciclo de cultivo adoptadas regularmente por la empresa Horlag por motivos agronómicos y de mercado. La unidad experimental consistió de tres camas de 5 m de longitud y 1.8 m de anchura, con plantas cada 30 cm. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se utilizó un sistema de producción intensivo en espaldera, a cielo abierto, con riego por goteo, donde se siguieron los procedimientos de fertilización y manejo de plagas comúnmente empleados por la empresa, sin aplicación de fungicidas.

Se realizaron seis a siete muestreos para evaluar la enfermedad y siete a ocho cortes de fruto. Después de confirmar la autenticidad de *L. taurica* (*Oidiopsis taurica*) mediante inspección de folíolos dañados en el microscopio estereoscópico y compuesto, la enfermedad fue evaluada con base en las siguientes variables: 1) incidencia, calculada como el porcentaje de hojas enfermas respecto al total de hojas por planta; 2) número de lesiones por planta; 3) número de folíolos enfermos por planta evaluados mediante la selección de una planta con competencia completa en cada unidad experimental; 4) severidad en cada hoja de la planta, calculada como el porcentaje de área foliar dañada; 5) severidad total en la planta, evaluada mediante la suma de la severidad observada por hoja y dividida entre el total de hojas producidas por la planta en cada fecha de evaluación. La severidad en cada hoja fue estimada mediante comparación con múltiples fotografías de hojas

of tomato genotypes or powdery mildew epidemic development in México.

The objective of this study was to evaluate the tolerance to the disease caused by *L. taurica*, the epidemic development of the pathogen and the fruit yield of three commercial tomato cultivars of commercial use under the conditions of the Comarca Lagunera, state of Coahuila, México.

MATERIALS AND METHODS

Two experiments were established in the municipality of San Pedro de las Colonias, Coahuila, Mexico, where we evaluated the tomato genotypes of indeterminate growth habit, Sun 7705 (Nunhems), Sahel (Roger Syngenta) and Romana Elite (Western Seeds) in the fields (Marte and Pachuca) belonging to the company Hortalizas de la Laguna. Seedlings grown under greenhouse conditions were transplanted at each experiment. The first experiment was established on July 5, 2006, Julian day (JD) 186, and the second on August 5 of the same year (JD 217). These planting dates correspond to the beginning stages of the cropping cycle regularly adopted by the company for agronomic and marketing reasons. The experimental unit consisted of three beds 5 m long and 1.8 m wide, with plants every 30 cm. The experimental design was randomized complete block, with four replications. We used an intensive production system with trellised plants under open field conditions, with drip irrigation fertilization and pest management procedures commonly employed by the company, without applying fungicides.

Six to seven disease assessments and seven to eight fruit harvests were performed. After confirming the authenticity of *L. taurica* (*Oidiopsis taurica*) by the inspection of leaflets damaged at the stereoscopic and compound microscope, the disease was evaluated based on the following variables: 1) incidence, estimated as the percentage of diseased leaves in relation to total leaf number per plant; 2) number of lesions per plant; 3) number of diseased leaflets per plant, which were evaluated by selecting a plant with full competition in each experimental unit; 4) severity on each leaf of the plant, estimated as the percentage of diseased leaf area; 5) total plant severity, assessed by the sum of the severity observed per leaf and divided by the total number of leaves produced by the plant in each evaluation date. The severity on each leaf was estimated by comparison with multiple photographs of leaves showing different levels of the disease. The area affected in each photograph was calculated by importing the photos to the IDRISI v. Andes software, the identification of damaged and healthy areas and the estimation of total diseased areas. The images were printed in color and arranged in ascending order according to their percentage of disease.

que mostraban diferentes niveles de la enfermedad. El área afectada en cada fotografía fue calculada con computadora mediante la importación de ellas al software IDRISI v. Andes, identificación de segmentos dañados y sanos y estimación de áreas enfermas y totales. Las imágenes se imprimieron con color y se ordenaron en forma ascendente según su porcentaje de enfermedad.

Donde fue aplicable, se evaluó la bondad de ajuste de los datos de enfermedad a los modelos Gompertz, monomolecular y logístico y se calculó la tasa media absoluta ponderada de desarrollo de la enfermedad (ρ) (Campbell y Madden, 1990) para facilitar la comparación de epidemias. Tanto la información epidemiológica como el rendimiento fueron analizados estadísticamente mediante SAS versión 9.2.

El rendimiento de los frutos se evaluó como producción total en cada muestreo y producción acumulada. En cada muestreo se midió el rendimiento total y el rendimiento por calidad comercial, de acuerdo con estándares internacionales. Para esto los frutos fueron separados en las siguientes categorías: 1) XXL (extra-extra long, frutos con más de 120 g); 2) XL (extra long, frutos entre 101 y 119 g); 3) L (long, frutos entre 95 y 100 g); 4) M (medium 80 y 94 g); 5) S (small, frutos con menos de 80 g).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo de la enfermedad

El cultivar Sahel tuvo menor porcentaje de hojas enfermas de cenicilla que los otros dos genotipos durante la mayor parte de las evaluaciones en los dos experimentos (Figura 1). Con Romana Elite, aunque demoró 12 d en desarrollar síntomas de la enfermedad y no fue estadísticamente diferente a Sahel en algunas fechas, tuvo valores intermedios entre éste y Sun 7705, que alcanzó los porcentajes mayores en ambos casos. Con excepción de este último genotipo, que mostró un comportamiento asintótico a partir del DJ 267 en el ensayo del predio Marte, los demás cultivares tuvieron un patrón de incremento hasta un máximo de 13 % (Sahel) a 16 % (Romana Elite) y disminución ligera durante el resto del ciclo.

Los cultivares Sahel y Sun 7705 tuvieron una cantidad similar de lesiones por cenicilla en los dos experimentos, pero su cantidad en el predio Marte fue menos de la mitad del observado en el predio Pachuca (Figura 2). Las diferencias entre estos genotipos y Romana Elite fueron significativas a partir de la tercera evaluación, pero este cultivar presentó tendencia opuesta; el número de lesiones en la segunda fecha de siembra (Pachuca) fue menor a la mitad que en la

Where applicable, we evaluated the goodness of fit of the disease data to the Gompertz monomolecular and logistic models. Also we calculated the weighted mean absolute rate of the disease development (ρ) (Campbell and Madden, 1990) to facilitate epidemic comparison. Both the epidemiological information and yield were statistically analyzed by using SAS 9.2 version.

We evaluated fruit yield as total production in each sampling and cumulative production. At each sampling, total yield and commercial quality yield were measured, according to international standards. To do this, the fruits were divided into the following categories: 1) XXL (extra-extra long, fruits of more than 120 g); 2) XL (extra long, fruits between 101 and 119 g); 3) L (long, fruits between 95 and 100 g); 4) M (medium 80 and 94 g); 5) S (small fruits of less than 80 g).

RESULTS AND DISCUSSION

Disease development

The Sahel cultivar had a lower percentage of diseased leaves than the other two genotypes during most of the evaluations in the two experiments (Figure 1). Although Romana Elite took 12 d to develop symptoms of the disease and showed no significant differences with Sahel in some dates, it recorded intermediate values between the latter and Sun 7705, which reached higher percentages in both cases. With the exception of the latter genotype, which showed an asymptotic behavior from JD 267 in the Marte field, the other cultivars had a pattern of increase to a maximum ranging from 13 % (Sahel) to 16 % (Romana Elite) and a slight decrease during the rest of the cycle.

Sahel and Sun 7705 cultivars had a similar number of lesions caused by powdery mildew in both experiments, but their numbers in Marte field were less than half that observed in the Pachuca field (Figure 2). The differences between these genotypes and Romana Elite started to be significant at the third evaluation, but this cultivar showed the opposite trend: the number of lesions in the second planting date (Pachuca) was less than half that of the first (Marte). The presence of lesions followed a similar pattern in all cultivars. It gradually increased between the first and fourth assessment, and remained unchanged (asymptotic) for the rest of the crop cycle. The differences observed may be associated with effects of the genotype-environment interaction,

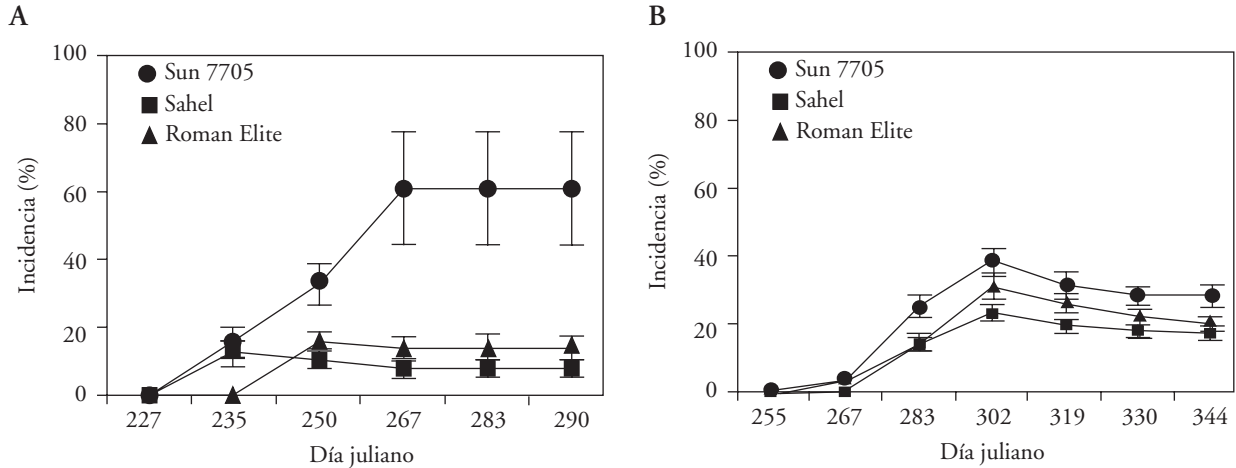


Figura 1. Incidencia de cenicienta (*Leveillula taurica*) en tres cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivados en la Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experimento 1, predio Marte; B) experimento 2, predio Pachuca. Fechas de trasplante: 5 de julio y 5 de agosto de 2006, días julianos 186 y 217. Las barras representan el error estándar de la media en cada evaluación.

Figure 1. Incidence of powdery mildew (*Leveillula taurica*) in three cultivars of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown in the Comarca Lagunera, Coahuila. A) Experiment 1, Marte field; B) experiment 2, Pachuca field. Transplant dates: July 5 and August 5, 2006, Julian days 186 and 217. The bars represent the standard error of mean in each assessment, México.

primera (Marte). La presencia de lesiones siguió un patrón similar en todos los cultivares; se incrementó gradualmente entre la primera y cuarta evaluación y se mantuvo (asintótica) durante el resto del ciclo del cultivo. Las diferencias observadas pueden estar asociadas a

resulting in the formation of different amounts of individual infection units between the cultivars in each cropping cycle. Thus the last cropping cycle was cooler than the first and therefore more prone to the formation of infection units (Guzman-Plazola *et al.*,

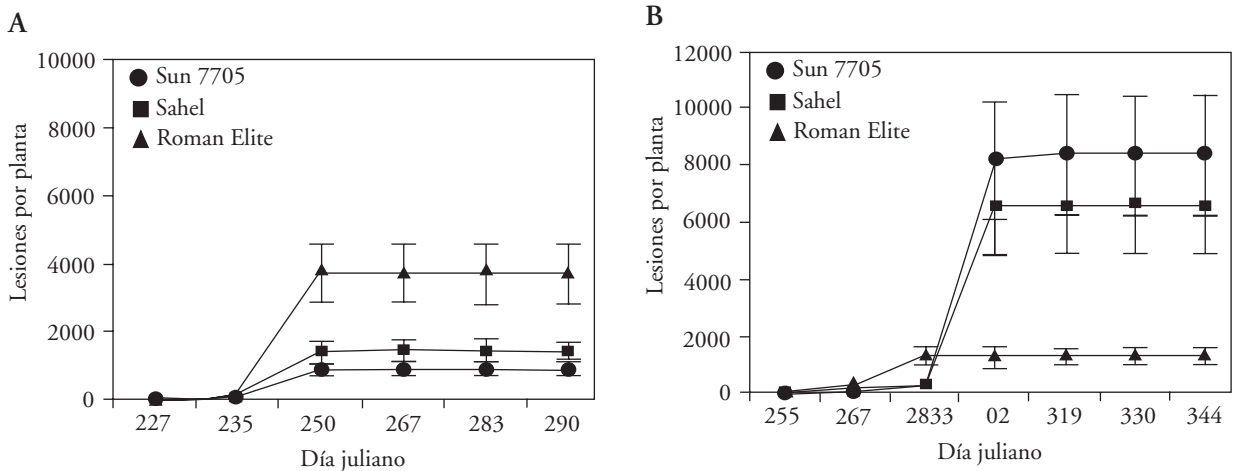


Figura 2. Número de lesiones de cenicienta (*Leveillula taurica*) por planta en tres cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivadas en la Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experimento 1, predio Marte; B) experimento 2, predio Pachuca. Fechas de trasplante 5 de julio y 5 de agosto de 2006, días julianos 186 y 217. Las barras representan el error estándar de la media en cada evaluación.

Figure 2. Number of lesions of powdery mildew (*Leveillula taurica*) per plant in three cultivars of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown in the Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experiment 1, Marte field; B) experiment 2, Pachuca field. Transplant dates: July 5 and August 5, 2006, Julian days 186 and 217. The bars represent the standard error of mean in each assessment.

efectos de la interacción genotipo-ambiente, que resultan en la formación cantidades diferentes de unidades de infección individuales entre los cultivares, en cada etapa. Así, la última etapa fue más fresca que la primera y por tanto más proclive a la formación de unidades de infección (Guzman-Plazola *et al.*, 2003). Sin embargo, la incidencia y severidad bajas de la enfermedad en Sahel y Romana Elite sugiere que la formación de lesiones estuvo focalizada principalmente en algunas hojas (Figuras 1 y 4).

En los tres cultivares, el número de folíolos dañados incrementó con un patrón sigmoideo que se tornó asintótico a partir de los DJ 267 (Marte) y 302 (Pachuca). En todos los cultivares se observaron menos folíolos enfermos en el predio Marte que en Pachuca, lo cual también sugiere que existió mayor proclividad a la enfermedad en el segundo ciclo. En el primer ensayo (Marte), a partir de la tercera evaluación, Sahel tuvo menor cantidad que Romana Elite y Sun 7705 (Figura 3A); mientras que en el segundo ensayo (Pachuca) tuvo valores intermedios durante todo el ciclo del cultivo (Figura 3B), que, con excepción de la tercera evaluación, no fueron estadísticamente diferentes a Sun 7705. Romana Elite y Sun 7705 tuvieron valores similares en el predio Marte, pero en el segundo ensayo (Pachuca) el primero tuvo los valores mayores, y el segundo los menores. Esto también puede estar relacionado con las interacciones genotipo-ambiente y la variabilidad asociada con la heterogeneidad en la dispersión natural de las conidias del patógeno.

La severidad de la enfermedad en los dos ensayos y en todos los cultivares incrementó gradualmente, alcanzó un máximo y luego declinó ligeramente, similar a lo observado en la incidencia (Figura 4). Este comportamiento está asociado a una tasa de formación de área foliar más intensa que la del desarrollo de las epidemias, que contribuye a reducir la importancia relativa de la enfermedad (Campbell y Madden, 1990). El valor de esta variable a partir de la tercera evaluación fue menor en Sahel que en Sun 7705 y Romana Elite en el primer ensayo; estos últimos tuvieron valores similares. En el siguiente ensayo, a partir de la cuarta evaluación, Romana Elite tuvo la severidad menor, comparada con Sahel y Sun 7705, similares entre sí. Sin embargo, las diferencias de la severidad en Sahel entre ciclos y respecto a los otros dos cultivares en la segunda evaluación (Pachuca) fueron bajas. Estos resultados muestran la estabilidad

(2003). However, the low incidence and severity of the disease in Sahel and Romana Elite suggest that lesion formation was localized mainly on some leaves (Figures 1 and 4).

In the three cultivars, the number of damaged leaflets increased with a sigmoid pattern that became asymptotic from JD 267 (Marte) and 302 (Pachuca). In all cultivars there were fewer diseased leaflets in Marte than in Pachuca, which also suggests that there was a greater propensity to the disease in the second cycle. In the first experiment (Marte), Sahel recorded, from the third evaluation, a lower amount of diseased leaflets than Romana Elite and Sun 7705 (Figure 3A); whereas in the second trial (Pachuca) it had intermediate values during the whole crop cycle (Figure 3B), which with the exception of the third assessment were not statistically different to Sun 7705. Romana Elite and Sun 7705 had similar values in Marte field, but in the second trial (Pachuca) the former had higher values and the second lower values. This can also be related to genotype-environment interactions and the variability associated with heterogeneity in the natural dispersion of conidia.

Disease severity in the two trials and in all the cultivars gradually increased, reached a maximum and then declined slightly, similar to that observed in the incidence (Figure 4). This behavior is associated with a rate of leaf area growth more intense than that of the epidemic development, which helped reduce the relative importance of the disease (Campbell and Madden, 1990). The value of this variable from the third assessment was lower in Sahel than in Sun 7705 and Romana Elite in the first trial; the latter had similar values. In the following trial, from the fourth assessment, Romana Elite had lower severity compared to Sahel and Sun 7705, which was similar between them. However, differences in severity in Sahel between cycles and for the other two cultivars in the second assessment (Pachuca) were low. These results show the greater stability of Sahel and its tolerance to disease in different microclimatic conditions with respect to Sun 7705 and Romana Elite.

Only the leaves in the middle of the canopy had symptoms of powdery mildew (Figures 5 and 6); this situation was closely associated with the occurrence of environmental conditions favorable for disease development when these leaves were mature, since in a series of parallel experiments focused on the analysis

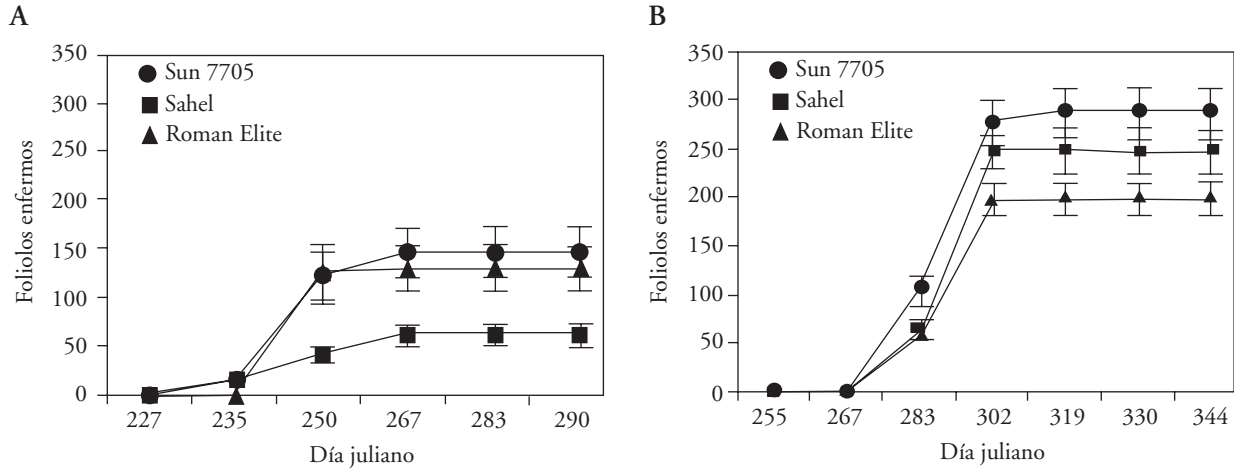


Figura 3. Número de foliolos, por planta, con cenicienta (*Leveillula taurica*) en tres cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivados en la Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experimento 1, predio Marte; B) experimento 2, predio Pachuca. Las fechas de trasplante fueron 5 de julio y 5 de agosto de 2006, o días julianos 186 y 217. Las barras representan el error estándar de la media en cada evaluación.

Figure 3. Number of leaflets per plant with powdery mildew (*Leveillula taurica*) in three cultivars of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown in the Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experiment 1, Marte field; B) experiment 2, Pachuca field. The transplant dates were July 5 and August 5, 2006, or Julian days 186 and 217. The bars represent the standard error of mean in each assessment.

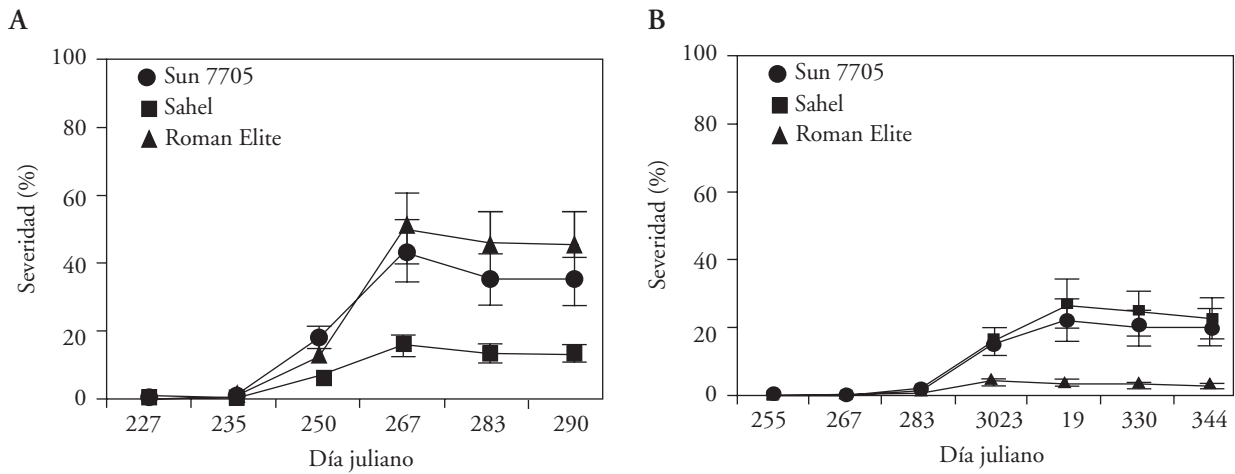


Figura 4. Severidad de la cenicienta (*Leveillula taurica*) en tres cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivados en la Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experimento 1, predio Marte; B) experimento 2, predio Pachuca. las fechas de trasplante fueron 5 de julio y 5 de agosto de 2006, o días julianos 186 y 217. Las barras representan el error estándar de la media en cada evaluación.

Figure 4. Severity of powdery mildew (*Leveillula taurica*) in three cultivars of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown in the Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experiment 1, Marte field; B) experiment 2, Pachuca field. The transplant dates were July 5 and August 5, 2006 or Julian days 186 and 217. The bars represent the standard error of mean in each assessment.

mayor de Sahel y tolerancia a la enfermedad, en condiciones microclimáticas diferentes, respecto a Sun 7705 y Romana Elite.

Sólo las hojas de la zona intermedia del dosel vegetal tuvieron síntomas de cenicienta (Figuras 5 y 6), lo

of microclimate-powdery mildew interaction this kind of partnership became evident (unpublished data). In Sun 7705, only leaves 12 to 20, from base to apex, developed the disease in both experiments (Figures 5A and 6A). In Sahel only leaves in positions

cual estuvo estrechamente asociado con la ocurrencia de condiciones ambientales favorables para el desarrollo de la enfermedad cuando esas hojas estuvieron maduras, ya que en una serie de experimentos paralelos enfocados al análisis de la interacción microclima-cenicilla este tipo de asociación resultó evidente (datos no publicados). En Sun 7705 únicamente las hojas 12 a 20, de la base al ápice, desarrollaron la enfermedad en ambos experimentos (Figuras 5A y 6A).

15 to 18 and 14 to 24 had powdery mildew (Figures 5B and 6B) and 10 to 23 and 17 to 24 in Romana Elite (Figures 5C and 6C). Thus, Sun 7705 had throughout its cycle 19 and 23 leaves without mildew, Sahel 28 and 27 and Romana Elite 17 and 33. In both experiments the pattern of epidemic development of the affected leaves followed a monotonic pattern, but only in the first (Marte) powdery mildew reached 100 % severity. All foliar epidemics of the first

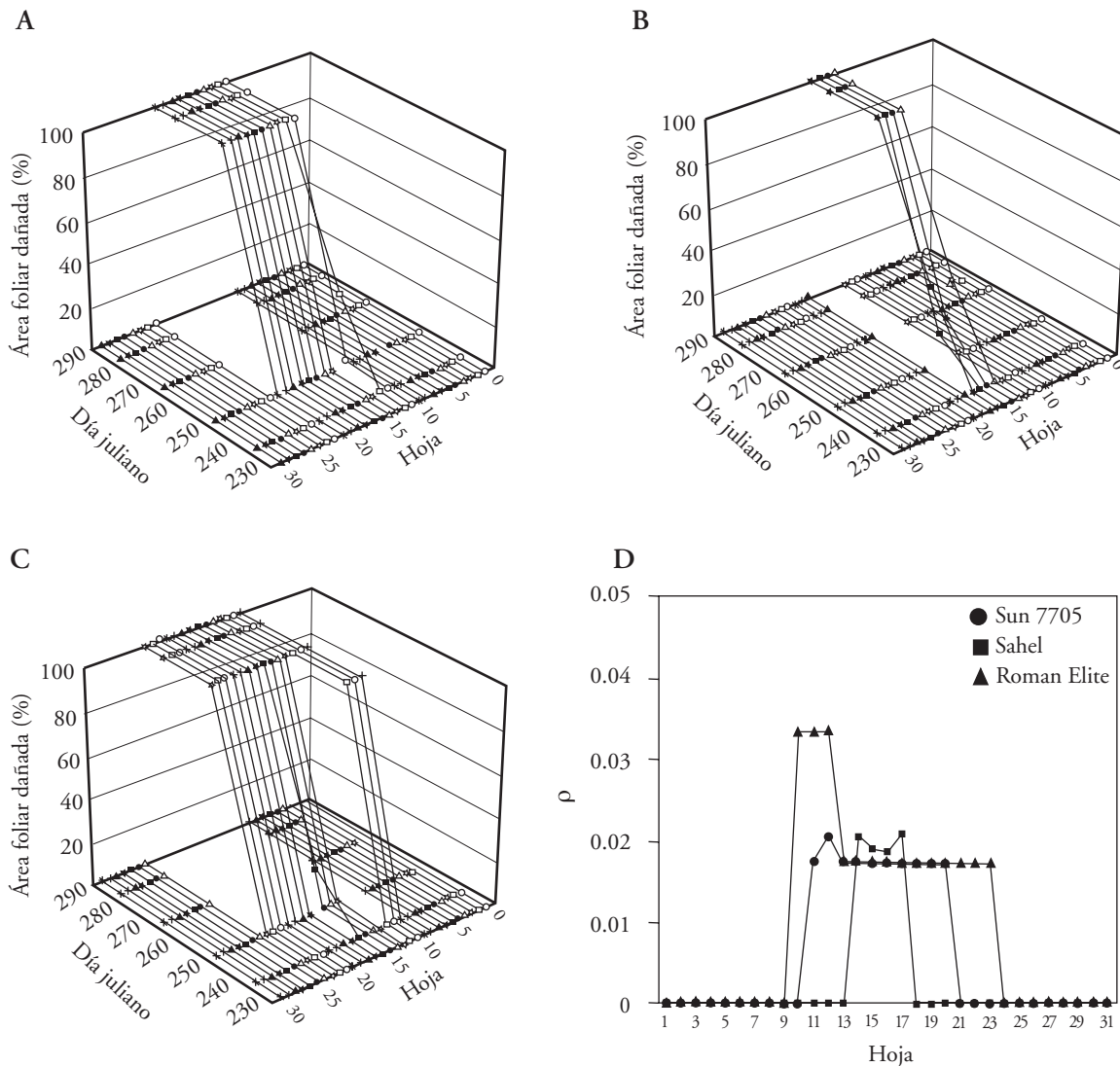


Figura 5. Dinámica de la severidad de cenicilla (*Leveillula taurica*) por hoja, en tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivado en el predio Marte. A) cultivar Sun 7705; B) cultivar Sahel; C) cultivar Romana Elite; D) tasa media absoluta ponderada del desarrollo de la enfermedad (ρ). Fecha de trasplante 5 de julio 2006 (día juliano 186). En el eje X (Hoja) cada línea representa cada una de las hojas desarrolladas en cada planta.

Figure 5. Dynamics of the severity of powdery mildew (*Leveillula taurica*) per leaf in tomato (*Solanum lycopersicum*) grown in Marte field. A) Cultivar Sun 7705; B) cultivar Sahel; C) cultivar Romana Elite; D) weighted mean absolute rate of disease development (ρ). Transplant date July 5, 2006 (Julian day 186). In the X-axis (Leaf) each line represents each leaf developed per plant.

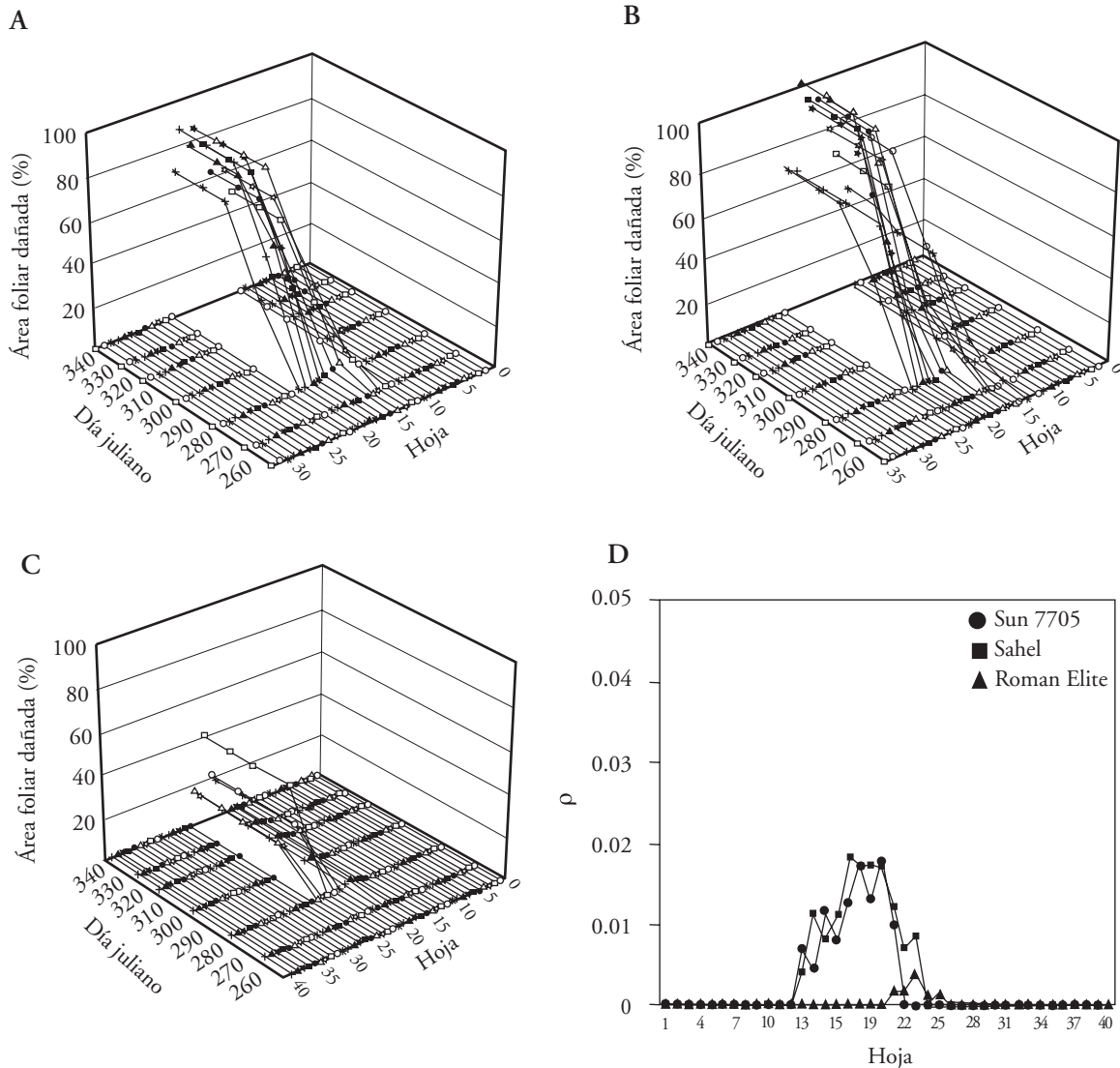


Figura 6. Dinámica de la severidad de cenicilla (*Leveillula taurica*) por hoja en tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivado en el predio Pachuca. A) cultivar Sun 7705; B) cultivar Sahel; C) cultivar Romana Elite; D) tasa media absoluta ponderada del desarrollo de la enfermedad (ρ). Fecha de trasplante 5 de agosto de 2006 (día juliano 217). En el eje X (Hoja) las líneas representan cada una de las hojas desarrolladas por cada planta.

Figure 6. Dynamics of powdery mildew (*Leveillula taurica*) severity per leaf of tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivated in the Pachuca field. A) Cultivar Sun 7705; B) cultivar Sahel; C) cultivar Romana Elite; D) weighted mean absolute rate of disease development (ρ). Transplant date August 5, 2006 (Julian day 217). The X-axis (Leaf) lines represent the leaves developed per plant.

En Sahel sólo las hojas en posición 15 a 18 y 14 a 24 tuvieron cenicilla (Figuras 5B y 6B) y 10 a 23 y 17 a 24 en Romana Elite (Figuras 5C y 6C). Así, Sun 7705 tuvo a lo largo de su ciclo 19 y 23 hojas sin cenicilla, Sahel 28 y 27 y Romana Elite 17 y 33. En ambos experimentos el patrón de desarrollo epidémico de las hojas afectadas siguió un patrón monótonico, pero sólo en el primero (Marte) la cenicilla alcanzó

experiment and most of the second (Pachuca) were better fitted to a monomolecular model than to the logistic or Gompertz models. The weighted mean absolute rate of the disease development on the plot Marte was slightly below 0.02 lesions lesion⁻¹ d⁻¹ in most cases (Figure 5D); only Romana Elite had three leaves with a rate of 0.033 lesions lesion⁻¹ d⁻¹. The area under the disease growth curve in Sahel was

100 % de severidad. Todas las epidemias foliares del primer experimento y la mayoría del segundo (Pachuca) se ajustaron mejor a un modelo monomolecular que a los logístico o Gompertz. La tasa media absoluta ponderada del desarrollo de la enfermedad en el predio Marte fue ligeramente inferior a 0.02 lesiones $\text{lesión}^{-1} \text{d}^{-1}$ en la mayoría de los casos (Figura 5D); sólo en Romana Elite hubo tres hojas con tasa de 0.033 lesiones $\text{lesión}^{-1} \text{d}^{-1}$. El área bajo la curva para Sahel fue menor que en los otros dos cultivares y la mayor correspondió a Romana Elite. En el predio Pachuca la tasa fue menor que 0.0038 lesiones $\text{lesión}^{-1} \text{d}^{-1}$ en Romana Elite (Figura 6D), con el área menor bajo la curva, mientras que en los otros dos cultivares fue menor que 0.02 lesiones $\text{lesión}^{-1} \text{d}^{-1}$.

Debido a la dependencia alta de la cenicilla del tomate de las condiciones ambientales en el dosel (Guzman-Plazola 1997; Guzman-Plazola *et al.*, 2003), su ubicación en la sección media de la planta indica la ocurrencia de períodos con microclima favorable para la enfermedad y en ellos su tasa intrínseca de desarrollo fue mayor a la del crecimiento foliar. La existencia de hojas sanas en la zona superior del dosel, debido a microclimas menos favorables para el patógeno, permitieron mayores proporciones de tejido foliar sano. Con lo anterior se explica la inflexión del porcentaje de incidencia y severidad total al final de las evaluaciones (Figuras 1 y 4) y su ausencia en el número de lesiones y folíolos enfermos, por ser valores absolutos acumulados.

El modelo monomolecular es un descriptor adecuado de situaciones en las que la tasa absoluta de incremento de la enfermedad se reduce gradualmente al avanzar la epidemia, debido a que el desarrollo de la enfermedad depende de la cantidad de tejido sano, disponible para nuevas infecciones a partir de un reservorio de inóculo, sin que ocurran infecciones secundarias (Campbell y Madden, 1990; Gilligan, 1990). Aunque no se descartan efectos puramente estadísticos, como el impacto de un número limitado de puntos muestrales, el mejor ajuste a este modelo en las epidemias de hojas individuales se puede atribuir a la reducción gradual de la cantidad de tejido sano disponible en cada hoja, más que a la infección por conidias producidas en lesiones formadas en estos órganos. La duración del período latente de *L. taurica* es alrededor de 12 d (Guzman-Plazola *et al.*, 2003) y la formación de esporas inicia a partir de esta etapa. Por tanto, es probable que las lesiones formadas en la planta hayan sido principalmente un producto del

lower than in the other two cultivars and the highest corresponded to Romana Elite. At the Pachuca field, the rate was less than 0.0038 lesions $\text{lesion}^{-1} \text{d}^{-1}$ in the Romana Elite (Figure 6D), with the area under the curve being lower, while in the other two cultivars it was less than 0.02 lesions $\text{lesion}^{-1} \text{d}^{-1}$.

Due to the high dependence of the tomato powdery mildew on environmental conditions in the canopy (Guzman-Plazola, 1997; Guzman-Plazola *et al.*, 2003), its location in the middle section of the plant indicates the occurrence of periods with favorable microclimate for the disease where its intrinsic rate of development was higher than that of leaf growth. The existence of healthy leaves in the upper canopy, due to less favorable microclimates for the pathogen, allowed higher proportions of healthy leaf tissue. This explains the inflection in the incidence and severity at the end of each evaluation cycle (Figures 1 and 4) and its absence in the number of lesions and diseased leaflets, for being cumulative absolute values.

The monomolecular model is an appropriate descriptor of situations in which the absolute rate of disease increase gradually decreases as the epidemic expands, because the development of the disease depends on the amount of healthy tissue, available for new infections from a reservoir of inoculum, with no secondary infections occurring (Campbell and Madden, 1990; Gilligan, 1990). Although purely statistical effects cannot be ruled out, like the impact of a limited number of sample points, the best fit to this model in the epidemics of individual leaves can be attributed to the gradual reduction of the amount of healthy tissue available in each leaf, more than to the infection by conidia produced in lesions formed in these organs. The duration of the latent period of *L. taurica* is about 12 d (Guzman-Plazola *et al.*, 2003) and spore formation begins from this stage. Therefore, it is likely that lesions formed on the plant have been primarily a product of a pre-existing inoculum in the environment, a remnant of previous cycles or nearby sources and not the result of new generations of the pathogen formed as a result of recent lesions. Thus, the newly formed inoculum did not significantly affect the dynamics of the epidemics in most cases.

Accumulated fruit yield

Cumulative total yields (t ha^{-1}) in each experiment were 93.47 and 71.18 for Sahel, 75.37

inóculo preexistente en el ambiente, remanente de ciclos previos o fuentes aleaños y no resultado de generaciones nuevas del patógeno formadas de lesiones recientes. Así, el inóculo recién formado no incidió significativamente en la dinámica de las epidemias en la mayoría de los casos.

Rendimiento acumulado de frutos

Los rendimientos totales acumulados ($t\ ha^{-1}$) en cada experimento fueron 93.47 y 71.18 para Sahel, 75.37 y 32.81 para Romana Elite y 65.2 y 43.4 para Sun 7705. Estos valores son, en general, superiores al promedio nacional para condiciones de riego ($44.1\ t\ ha^{-1}$) en 2008 según lo reportado por el SIAP³. En los dos experimentos, Sahel tuvo mayor rendimiento total y de las calidades comerciales XXL y XL, las más preferidas en el mercado, en todas las evaluaciones, respecto a los otros cultivares (Figuras 7, 8 y 9); además, en general tuvo valores menores o significativamente no diferentes de las otras tres calidades (L, M y S) (Figuras 10, 11 y 12). Romana Elite y Sun 7705 fueron diferentes entre sí en la calidad XXL. El primero tuvo mayor rendimiento en el predio Marte y diferencias escasas en el predio Pachuca (Figura 8); en la calidad L, Romana Elite resultó superior en las

and 32.81 for Romana Elite and 65.2 and 43.4 for Sun 7705. These values are generally above the national average for irrigation conditions ($44.1\ t\ ha^{-1}$) in 2008, as reported by the SIAP³. In both experiments, Sahel had greater total yield and that of commercial qualities XXL and XL, preferred in the market, in all the evaluations, compared to other cultivars (Figures 7, 8 and 9); also, in general it had values which were significantly lower or not different to the other three qualities (L, M and S) (Figures 10, 11 and 12). Romana Elite and Sun 7705 were different from each other in quality XXL. The former had better performance in Marte field and few differences in Pachuca field (Figure 8); in quality L, Romana Elite was higher in the last four assessments in the Marte plot (Figure 10A); in qualities M and S it had higher yield in all the assessments of the same experiment (Figures 11A and 12A).

The high total and highest quality yields of Sahel are particularly relevant because under open field conditions in the reference region up to 18 weekly sprays of fungicides are applied for the control of tomato powdery mildew caused by *L. taurica*. Yields in this study were obtained without application of fungicides, indicating that cultivar Sahel has some tolerance to this type of powdery mildew and

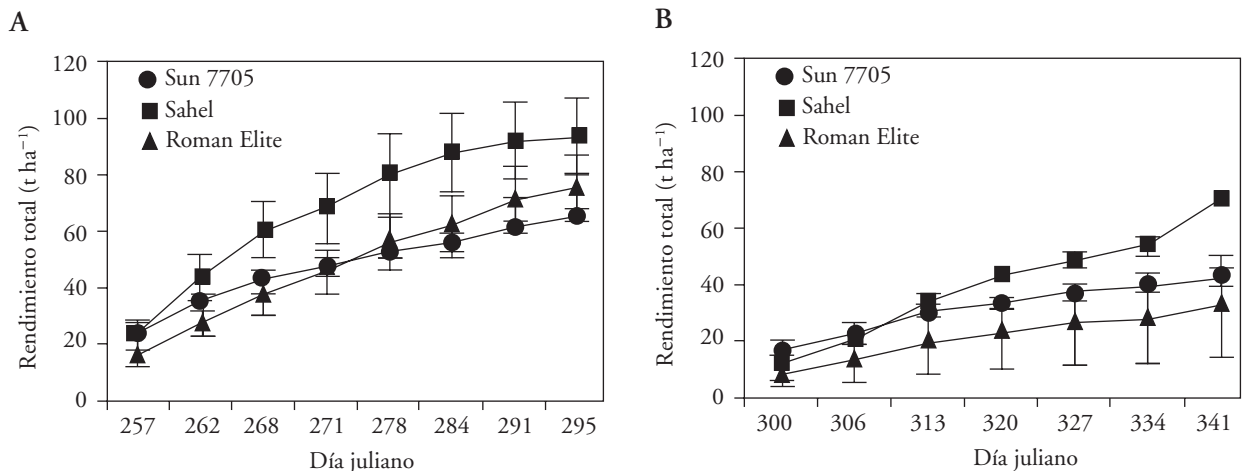


Figura 7. Rendimiento total acumulado de tres cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivados en la Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experimento 1, predio Marte; B) experimento 2, predio Pachuca. Fechas de trasplante 5 de julio y 5 de agosto de 2006, días julianos 186 y 217. Las barras representan el error estándar de la media en cada evaluación.

Figure 7. Cumulative total yield of three cultivars of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown in the Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experiment 1, Marte field; B) experiment 2, Pachuca field. Transplant dates were July 5 and August 5, 2006, Julian days 186 and 217. The bars represent the standard error of mean in each assessment.

³ Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera del Gobierno Mexicano-SAGARPA. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350 Cierre de la producción agrícola por cultivo. Año 2008. "http://www.siap.gob.mx/index.php"www.siap.gob.mx.

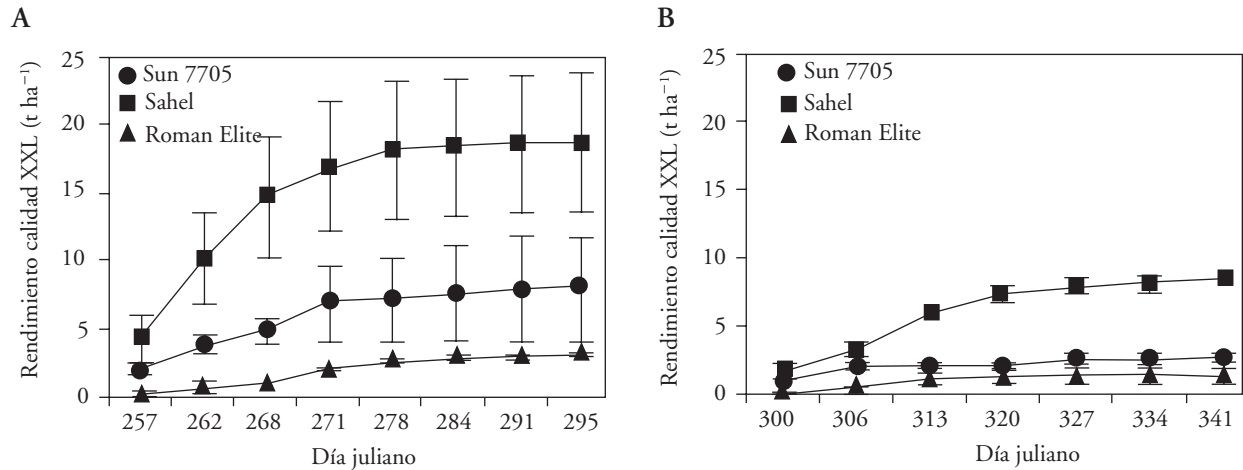


Figura 8. Rendimiento acumulado calidad Extra-Extra Long (XXL) de tres cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivados en la Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experimento 1, predio Marte; B) experimento 2, predio Pachuca. Fechas de trasplante 5 de julio y 5 de agosto de 2006, días julianos 186 y 217. Las barras representan el error estándar de la media en cada muestreo.

Figure 8. Extra-Extra Long (XXL) quality cumulative yield of three cultivars of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown in the Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experiment 1, Marte field; B) experiment 2, Pachuca field. Transplant dates were July 5 and August 5, 2006, Julian days 186 and 217. Bars represent the standard error of mean in each sampling.

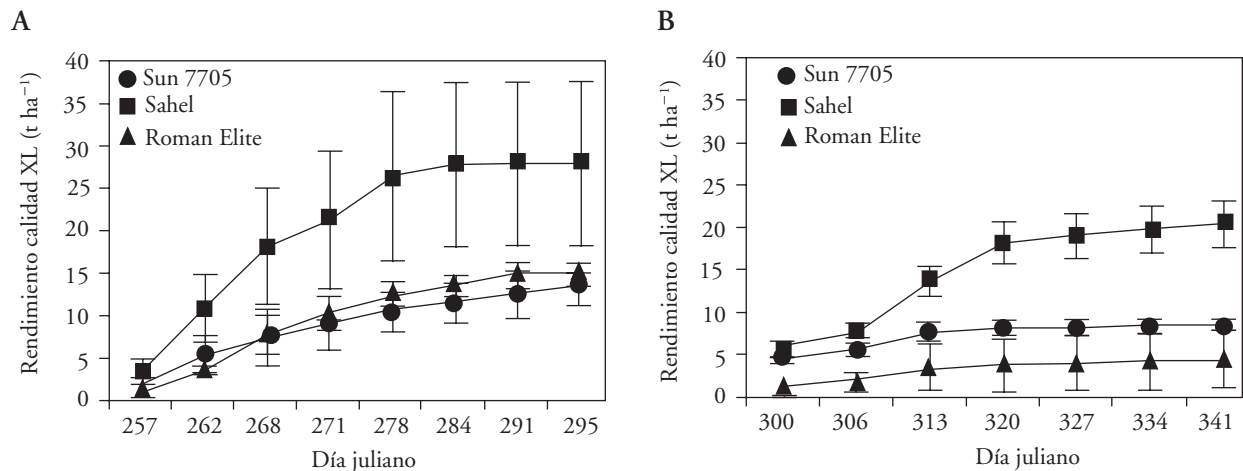


Figura 9. Rendimiento acumulado calidad Extra Long (XL) de tres cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivados en la Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experimento 1, predio Marte; B) experimento 2, predio Pachuca. Fechas de trasplante 5 de julio y 5 de agosto de 2006, días julianos 186 y 217. Las barras representan el error estándar de la media en cada muestreo.

Figure 9. Extra Long (XL) quality cumulative yield of three cultivars of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown in the Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experiment 1, Marte field; B) experiment 2, Pachuca field. Transplant dates were July 5 and August 5, 2006, Julian days 186 and 217. Bars represent the standard error of mean in each sampling.

últimas cuatro evaluaciones en el predio Marte (Figura 10A); y en las calidades M y S tuvo rendimiento mayor en todas las evaluaciones del mismo experimento (Figuras 11A y 12A).

could be planted without the application of these agrochemicals. It is convenient to analyze the benefit/cost relationship of the use of fungicides before continuing spraying them in the traditional way.

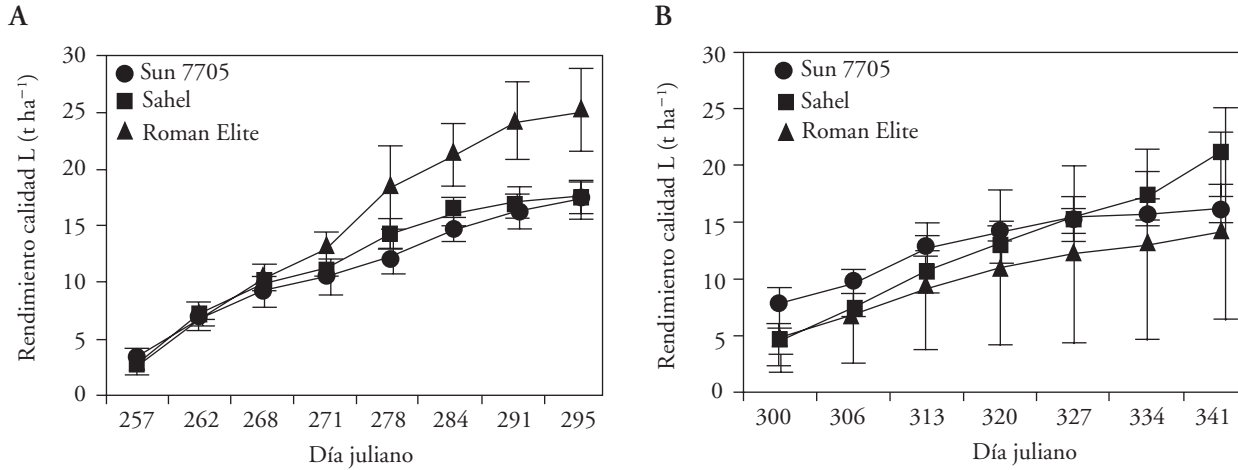


Figura 10. Rendimiento acumulado calidad Long (L) de tres cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivados en la Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experimento 1, predio Marte; B) experimento 2, predio Pachuca. Fechas de trasplante 5 de julio y 5 de agosto de 2006, días julianos 186 y 217. Las barras representan el error estándar de la media en cada muestreo.

Figure 10. Long (L) quality cumulative yield of three cultivars of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown in the Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experiment 1, Marte field; B) experiment 2, Pachuca field. Transplant dates were July 5 and August 5, 2006, Julian days 186 and 217. Bars represent the standard error of mean in each sampling.

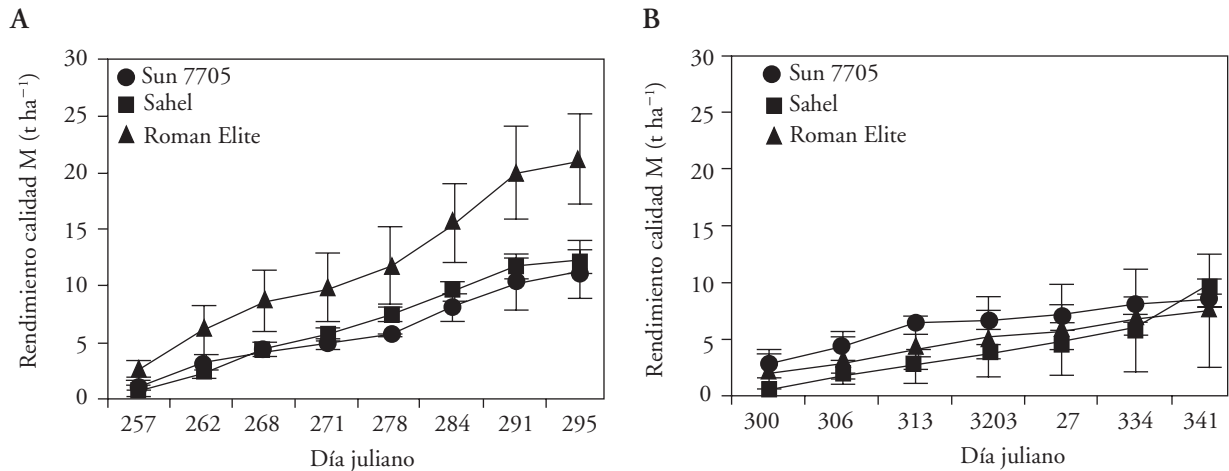


Figura 11. Rendimiento acumulado calidad Mediano (M) de tres cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivados en la Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experimento 1, predio Marte; B) experimento 2, predio Pachuca. Fechas de trasplante 5 de julio y 5 de agosto de 2006, días julianos 186 y 217. Las barras representan el error estándar de la media en cada muestreo.

Figure 11. Medium quality (M) cumulative yield of three cultivars of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown in the Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experiment 1, Marte field; B) experiment 2, Pachuca field. Transplant dates were July 5 and August 5, 2006, Julian days 186 and 217. Bars represent the standard error of mean in each sampling.

El alto rendimiento total y de las mejores calidades en el cultivar Sahel son particularmente relevantes, porque bajo condiciones de cielo abierto en la región de referencia se realizan hasta 18 aspersiones semanales de fungicidas para el control de la cenicienta del tomate causada por *L. taurica*. Los rendimientos

Also the possibility of improving their use should be evaluated by adopting risk assessment models, as the one developed by Guzmán-Plazola (1997), which can reduce sprays to the minimum required and optimize spraying dates based on microclimate patterns in the crop.

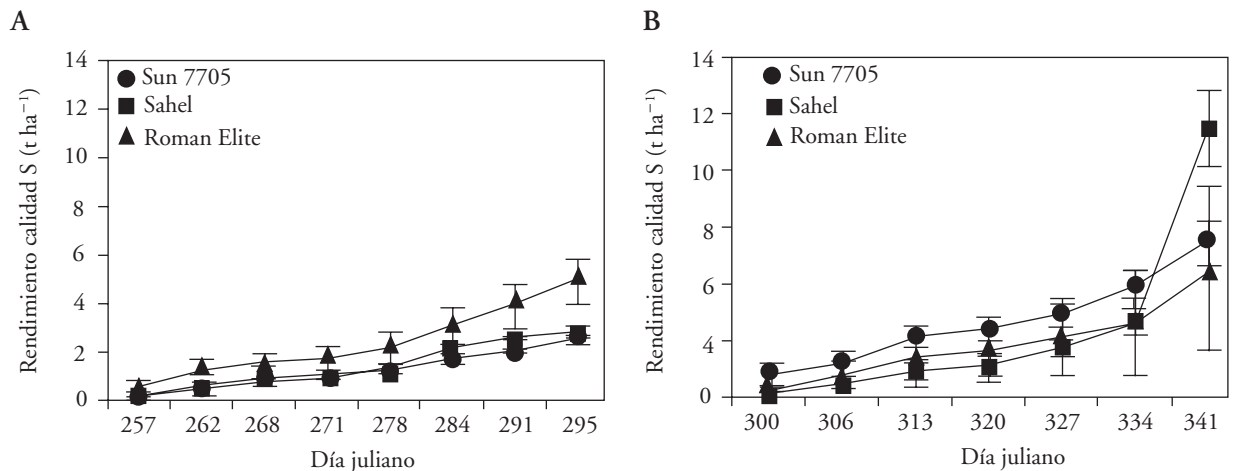


Figura 12. Rendimiento acumulado calidad Small (S) en tres cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivados en la Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experimento 1, predio Marte; B) experimento 2, predio Pachuca. Fechas de trasplante 5 de julio y 5 de agosto de 2006, días julianos 186 y 217. Las barras representan el error estándar de la media en cada muestreo.

Figure 12. Small quality (S) cumulative yield in three cultivars of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown in the Comarca Lagunera, Coahuila, México. A) Experiment 1, Marte field; B) experiment 2, Pachuca field. Transplant dates July 5 and August 5, 2006, Julian days 186 and 217. Bars represent the standard error of mean in each sampling.

en este estudio se obtuvieron sin aplicar fungicidas, lo que indica que el cv. Sahel posee cierta tolerancia a este tipo de cenicilla y se podría cultivar sin estos agroquímicos. Es conveniente analizar la relación beneficio/costo del uso de fungicidas antes de continuar asperjándolos en la forma tradicional. También debería evaluarse la posibilidad de mejorar su uso mediante la incorporación al sistema de producción de modelos de riesgo, como el desarrollado por Guzman-Plazola (1997), que permiten reducir las aspersiones al número necesario y optimizar la fecha de aplicación con base en los patrones microclimáticos en el cultivo.

El promedio del rendimiento total acumulado en cada cultivar estuvo negativamente correlacionado con la incidencia ($r = -0.84$), número de lesiones ($r = -0.62$) y número de folíolos enfermos ($r = -0.67$). Estos resultados son una evidencia de que la enfermedad afecta negativamente al cultivo en la región. Tal efecto puede ser atenuado mediante la selección de genotipos tolerantes como Sahel. De acuerdo con las tendencias observadas con esos tres indicadores de la intensidad de enfermedad, los rendimientos obtenibles en ausencia de cenicilla del tomate en la Comarca Lagunera, calculados mediante regresión lineal, podrían variar entre 82 y 110 t fruto ha⁻¹. Esto permite concluir que el rendimiento de tomate en

The total cumulative yield average in each hybrid was negatively correlated with incidence ($r = -0.84$), lesion number ($r = -0.62$) and number of diseased leaflets ($r = -0.67$). These results are evidence that the disease adversely affects the crop in the region. This effect can be mitigated through the selection of tolerant genotypes like Sahel. According to the trends observed on these three indicators of the disease severity, yields likely to be attained in the absence of tomato powdery mildew in the Comarca Lagunera, calculated by linear regression, could vary between 82 and 110 t fruit ha⁻¹. This allows to conclude that the tomato yield in the region may increase by applying additional control measures to the use of tolerant genotypes in order to reduce disease levels beyond the genetic capacity of the crop to counteract the pathogen, as reported by Dafermos *et al.* (2007). They also evaluated a group of tomato diseases in addition to *L. taurica* in a greenhouse by combining low susceptibility genotypes and foliar sprays of *Reynoutria sachalinensis* extracts mixed with chitosans.

CONCLUSIONS

The Sahel cultivar showed tolerance to tomato powdery mildew (*L. taurica*) and produced high

la región podría aumentar con medidas de control complementarias al uso de genotipos tolerantes que reduzcan los niveles de enfermedad, más allá de la capacidad genética del cultivo para contrarrestar al patógeno, como lo reportan Dafermos *et al.* (2007). Ellos evaluaron un grupo de enfermedades del tomate además de *L. taurica* en invernadero mediante la combinación de genotipos de baja susceptibilidad y aspersiones foliares de extractos de *Reynoutria sachalinensis* mezclados con quitosanas.

CONCLUSIONES

El cultivar Sahel mostró tolerancia a la cenicilla del tomate (*L. taurica*) y produjo rendimientos altos en las condiciones de agricultura intensiva de la Comarca Lagunera, aún bajo el ataque epidémico de la cenicilla del tomate y sin la aplicación de fungicidas para su control. Romana Elite puede expresar tolerancia según la época de cultivo, pero su potencial de rendimiento es menor. Sun 7705 tiene un rendimiento similar a este genotipo pero es más susceptible a la enfermedad.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por The University of California Program for Mexico and the United States y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México. Además tuvimos la colaboración de la empresa Hortalizas de la Laguna, de San Pedro de las Colonias, Coahuila, quien nos proporcionó invaluable soporte material y logístico.

LITERATURA CITADA

Anand, T., A. Chandrasekaran, S. Kuttalam, G. Senthilraja, and R. Samiyappan. 2010. Integrated control of fruit rot and powdery mildew of chilli using the biocontrol agent *Pseudomonas fluorescens* and a chemical fungicide. *Biol. Control* 52:1-7.

Campbell, C. L., and L. V. Madden. 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. Wiley, New York. pp: 161-213.

Correll, J. C. 1986. The epidemiology of tomato powdery mildew (*Leveillula taurica*) in relation to host growth and development. Ph.D. Thesis, University of California, Berkeley. 143 p.

Chunwongse, J., S. Doganlar, C. Crossman, J. Jiang, and S. D. Tanksley. 1997. High-resolution genetic map of the Lv resistance locus in tomato. *Theor. Appl. Genet.* 95: 220-223.

Dafermos, N. G., A. M. Kasselaki, N. E. Malathrakis, and C. Leifert. 2007. Integration of fertility management, cultivar selection and alternative spray treatments to optimize control of foliar diseases of greenhouse grown tomatoes. *In:*

yields under intensive farming conditions in the Comarca Lagunera, even under the epidemic attack of tomato powdery mildew and without the application of fungicides for control. Romana Elite can show tolerance depending on the cropping season, but its yield potential is lower. Sun 7705 has a yield similar to this genotype but is more susceptible to disease.

—End of the English version—



Niggli, U., C. Leifert, T. Alföldi, L. Lück, and H. Willer (eds). *Improving Sustainability in Organic and Low Input Food Production Systems*. Proc. 3rd Int. Congress of the Eur. Integrated Project Quality Low Input Food (QLIF), University of Hohenheim, Germany. pp: 181-184.

Damicone, J. P., and A. J. Sutherland. 1999. First report of pepper powdery mildew caused by *Leveillula taurica* in Oklahoma. *Plant Dis.* 83: 1072.

Foolad, M. R., and A. Sharma. 2005. Molecular markers as selection tools in tomato breeding. *In:* Momol, M. T., and J. B. Jones (eds). Proc. First Int. Symp. on Tomato Dis., Orlando, Florida, USA, 21-24 June, 2004. pp: 225-240.

Glawe, D. A. 2008. The powdery mildews: A review of the world's most familiar (yet poorly known) plant pathogens. *Ann. Rev. Phytopathol.* 46: 27-51.

Guigón-López, C., y P. González-González. 2001. Estudio regional de las enfermedades del chile (*Capsicum annum*, L.) y su comportamiento temporal en el sur de Chihuahua, México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 19: 49-56.

Gilligan, C. A. 1990. Comparison of disease progress curves. *New Phytol.* 115: 223-242.

Guzman-Plazola, R.A. 1997. Development of a spray forecast model for tomato powdery mildew (*Leveillula taurica* (Lev.) Arn.). Ph.D. Thesis. University of California, Davis. 138 p.

Guzman-Plazola, R. A., R. M. Davis, and J. J. Marois. 2003. Effects of relative humidity and high temperature on spore germination and development of tomato powdery mildew (*Leveillula taurica*). *Crop Protection* 22: 1157-1168.

Jones, W. B., and S. V. Thomson. 1987. Source of inoculum, yield, and quality of tomato as affected by *Leveillula taurica*. *Plant Dis.* 71: 266-268.

Kasselaki, A. M., M. W. Shaw, N. E. Malathrakis, and J. Haralambous. 2006. Control of *Leveillula taurica* in tomato by *Acremonium alternatum* is by induction of resistance, not hyperparasitism. *Eur. J. Plant Pathol.* 115: 263-267.

Palti, J. 1971. Biological characteristics, distribution and control of *Leveillula taurica* (Lev.) Arn. *Phytopathologia Mediterranea* 10: 139-153.

Rodríguez-Alvarado, G., J. García-López, R. Rodríguez-Fernández, S. P. Fernández-Pavía, and E. Garay-Serrano. 2007. First report of powdery mildew on greenhouse tomatoes cau-

- sed by *Oidium neolyopersici* in Michoacan, Mexico. Plant Dis. 91: 1684.
- Sánchez, C. M. A. 1983. La cenicilla del tomate causada por *Oidiopsis taurica* (Lev) Salmon. Una nueva enfermedad en el estado de Sinaloa, México. Rev. Mex. Fitopatol. 2: 3-6.
- Sudha, A., and P. Lakshmanan. 2007. Efficacy of botanicals against chilli powdery mildew caused by *Leveillula taurica* (Lev.) Arn. Madras Agric. J. 94: 46-50.