

Evaluación de germoplasma de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) a la infección causada por *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesami*

Sesame evaluation of (*Sesamum indicum* L.) germplasm of the infection caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. sesame

I. Herrera y H. Laurentin

Departamento de Ciencias Biológicas, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Vía Agua Viva, Cabudare, C.P. 3023, estado Lara, Venezuela.

Resumen

Fusarium es un hongo del suelo que afecta al ajonjolí. Entre las estrategias de manejo de éste en la producción del cultivo, está el uso de la resistencia genética por parte de la planta; sin embargo, esta aproximación requiere de la identificación de fuentes de resistencia para ser usadas en programas de mejoramiento genético. Se evaluaron cuatro genotipos de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) de acuerdo a la incidencia y la severidad de la enfermedad que sobre ellos causaron tres aislamientos del hongo *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesami*. Se estableció un diseño de tratamientos de parcelas divididas con cuatro repeticiones, usando para la inoculación la mezcla de un sustrato con cada aislamiento del hongo. Las parcelas principales estuvieron constituidas por los aislamientos y las sub-parcelas por los genotipos de ajonjolí. Sobre cada unidad experimental se determinó la incidencia e indicadores de severidad como altura de plántulas, longitud de lesión y porcentaje de longitud de plántula ocupada por la lesión. Adicionalmente se calculó un índice de severidad de la enfermedad (ISE). La altura de las plántulas no presentó variación al comparar plantas inoculadas y sin inocular. Se observó una amplia variabilidad de los genotipos de ajonjolí en relación a la incidencia y los otros parámetros de severidad medidos, así como en el ISE. Fue claramente definible la tendencia de UCLA37 al presentar los mayores valores tanto en incidencia como en severidad.

Palabras clave: resistencia genética, inoculación, diversidad genética, marchitez del ajonjolí, infección.

Abstract

Fusarium is an important soil-borne fungus affecting sesame. Its control could be enhanced by plant genetic resistance, however in order to be successful in this strategy, identification of resistance sources is required to start plant breeding programs. The objective of this research was to evaluate four sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes according to fungal disease incidence and severity caused by three fungus isolates. Split-plot design with four replications was used. Inoculation was carried out in plastic boxes containing a mixture of substrate and each fungus isolates, resulting that main plots were represented by fungus isolates and sub-plot were represented by sesame genotypes. On each experimental unit was determined the disease incidence and severity indicators such as plant height, lesion length, and percentage of plant height occupied by the lesion; additionally a Disease Severity Index (DSI) was calculated. Inoculated plant height did not show variation as compared to control plants. Disease incidence, the others severity indicators and DSE showed significant interaction between sesame genotypes and fungus isolates, however, there was a trend to identify sesame genotype UCLA37 as the one which presented the highest values for both parameters.

Key words: genetic resistance, inoculation, genetic diversity, sesame wilt disease, infection.

Introducción

El ajonjolí, *Sesamum indicum* L., es un cultivo de importancia en la producción de uno de los aceites vegetales para consumo de más alta calidad, siendo también apreciado para consumo directo y uso confitero en el mundo (Mazzani *et al.*, 2007). Se produce en países como China, India, México, El Salvador, Nicaragua, Turquía, Sudán y Venezuela (Augstburger *et al.*, 2000). La producción de ajonjolí en Venezuela ha sido de gran importancia debido a que constituye una opción de rotación al maíz, dedicándose a su cultivo un promedio de 45.000 hectáreas anuales durante los últimos 10 años (FEDEAGRO, 2012) en los alrededores de Turén, estado Portuguesa, lo cual proporciona trabajo a los

Introducción

Sesame, *Sesamum indicum* L., is an important crop in the production of one of the highest quality vegetal oils for the human consumption, well known by its direct consumption and its pastry use worldwide (Mazzani *et al.*, 2007). Sesame is produced in countries such as China, India, Mexico, El Salvador, Nicaragua, Turkey, Sudan and Venezuela (Augstburger *et al.*, 2000). Sesame production in Venezuela has had a great importance since it constitutes a corn rotation option, dedicating to its consumption approximately 45.000 hectares annually during 10 years (FEDEAGRO, 2012) in Turén, Portuguesa state, which provides job to habitants of the area during

habitantes de la zona, durante los meses comprendidos entre noviembre y abril (Laurentín y Pereira, 2001). Dicho grano es muy bien cotizado en el mercado externo, por lo cual la vigencia del cultivo en Venezuela se sustenta en la producción de granos de alta calidad para su exportación (Laurentín y Pereira, 2001; García, 2010).

Al igual que otros cultivos el ajonjolí se ve afectado por diferentes plagas (*Bemisia tabaci*) y enfermedades causadas por hongos fitopatógenos como *Alternaria sesamicola*, *Cylindrosporium sesami*, *Macrophomina phaseolina*, y *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesami* (Mazzani, 1999). De acuerdo con Lugo y Sanabria (2001) *F. oxysporum* se caracteriza por ser un hongo muy variable debido a su especificidad y virulencia. Las plantas afectadas presentaron un síntoma inicial como clorosis foliar, necrosis, retraso del crecimiento y marchitamiento de la planta causando su muerte (Bowers y Locke, 2000).

Convencionalmente, los problemas causados por hongos en los cultivos han sido abordados mediante el control químico; sin embargo, se presenta el problema que los principales fungicidas utilizados, han sido definidos en el Protocolo de Montreal de 1991 como sustancias químicas que contribuyen al agotamiento de la capa de ozono debido a que contienen metil bromuro (Bowers y Locke, 2000). Una alternativa a este problema es el uso de la resistencia genética del cultivo al hongo, dentro de un programa de manejo integral del patógeno; sin embargo, en el caso del patosistema ajonjolí-

November and April (Laurentín and Pereira, 2001). Such grain is well quoted in the international market, thus the validity of this crop in Venezuela is supported in the production of high quality grains for their exportation (Laurentín and Pereira, 2001; García, 2010).

As well as other crops, sesame is affected by different pests (*Bemisia tabaci*) and diseases caused by phytopathogen fungi such as *Alternaria sesamicola*, *Cylindrosporium sesami*, *Macrophomina phaseolina*, and *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesami* (Mazzani, 1999). According to Lugo and Sanabria (2001) *F. oxysporum* is characterized by being a very variable fungus due to its specificity and virulence. The affected plants presented an initial symptom such as foliar chlorosis, necrosis, growth delay and wilting of the plant causing its death (Bowers and Locke, 2000).

Conventionally, problems caused by fungi in the crops have been handled using chemical controls; however, the main fungicides used have been defined in the Montreal Protocol of 1991 as chemical substances that contribute to the depletion of the ozone layer, since these contain methyl bromide (Bowers and Locke, 2000). An alternative for this problem is using the genetic resistance towards the crop of the fungus, with an integral handle of the pathogen, however, in the specific case of sesame- *F. oxysporum* f.sp. *sesami* patho-system the information required is limited.

There are some resistance researches of *S. indicum* genotypes to fungus, as those carried out by El-Shazly

F. oxysporum f.sp. *sesami* la información requerida para esto es escasa.

Existen algunos estudios de resistencia de los genotipos de *S. indicum* al hongo, como los realizados por El-Shazly *et al.* (1999), Kavak y Boydak (2006); El-Bramawy (2006), El-Bramawy y Al-Wahid (2009) en los cuales se reporta la existencia de resistencia genética; sin embargo, la ausencia de algún método de inoculación en condiciones controladas deja dudas en cuanto al control de la variable porcentaje de infección, utilizada por dichos autores para evaluar resistencia.

Debido a la necesidad de información acerca del patosistema ajonjolí-*F. oxysporum* f.sp. *sesami*, se evaluaron cuatro genotipos de ajonjolí de acuerdo a la incidencia y la severidad de la enfermedad que sobre ellos causaron tres aislamientos del hongo *F. oxysporum* f.sp. *sesami*.

Materiales y métodos

Material vegetal

La interacción ajonjolí-*F. oxysporum* f. sp. *sesami* se evaluó sobre cuatro genotipos de ajonjolí del banco de germoplasma de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA) (cuadro 1), seleccionados con base en la variabilidad genética existente entre ellos, reportada por Laurentin y Karlovsky (2007).

Aislamiento del hongo

Se obtuvieron secciones de tejido enfermo de plantas de ajonjolí de siembras comerciales de los alrededores de Turén, estado Portuguesa, las cuales se sumergieron en etanol (80% v/v) durante 1 min y luego en agua destilada

et al. (1999), Kavak and Boydak (2006); El-Bramawy (2006), El-Bramawy and Al-Wahid (2009), where is reported the existence of genetic resistance; however, the absence of an inoculation method under controlled conditions causes doubts regarding the control of the infection percentage variable, used by such authors to evaluate the resistance.

Due to the lack of information about the sesame- *F. oxysporum* f.sp. *sesami* patho-system, four sesame genotypes were evaluated regarding the incidence and severity of the disease, that caused three isolations of the fungus *F. oxysporum* f.sp. *sesami*.

Materials and methods

Vegetal material

The interaction sesame- *F. oxysporum* f.sp. *sesami* was evaluated on four sesame genotypes of the germplasm bank of Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA) (table 1), selected with based on the genetic variability among them, reported by Laurentin and Karlovsky (2007).

Isolation of the fungus

Section of sick tissues were obtained from sesame plants from commercial harvests near Turén, Portuguesa state, which were immersed in ethanol (80% v/v) for 1 min, and later in distilled water for another 1 min, subsequently, were put on Petri plates in agar water mean, on this tissue was identified the mycelium of *F. oxysporum* f. sp. *Sesami* with a white color and dense, corroborating the spores characteristics of the fungus, using the microscope.

Cuadro 1. Genotipos de ajonjolí utilizados en la evaluación de la interacción con *F. oxysporum* f. sp. *sesami*.

Table 1. Sesame genotypes used in the interaction evaluation with *F. oxysporum* f. sp. *sesami*.

Genotipo	Descripción
43 x 32	Línea seleccionada del segundo ciclo de selección recurrente hacia altos rendimientos. La población original fue obtenida por el cruzamiento entre 50 introducciones exóticas (Laurentin <i>et al.</i> , 2000).
UCLA 295 ; UCLA 37	Líneas élites del programa de mejoramiento genético de ajonjolí de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Origen desconocido.
Maporal	Línea seleccionada del cultivar Etíope Arapatol (Mazzani <i>et al.</i> , 1973).

también por 1 min, para luego colocarlas en cápsulas de Petri conteniendo el medio agar agua, sobre éste se identificó el micelio de *F. oxysporum* f. sp. *sesami* de color blanco y tupido corroborándose su identidad mediante la observación al microscopio de las esporas características del hongo. Luego se procedió a tomar una muestra de dicho micelio y se colocó en medio agar-papa-dextrosa (PDA) (Merck, Darmstadt, Alemania), repitiendo esta operación tantas veces como fuese necesario para obtener cultivos puros. De esta forma se obtuvieron tres aislamientos de distinta procedencia geográfica (cuadro 2), de donde se realizaron cultivos monospóricos para garantizar la pureza de los aislamientos.

Inoculación

En el Laboratorio de Genética, Decanato de Agronomía, UCLA se estableció un ensayo con un diseño de tratamiento en parcelas divididas, con cuatro repeticiones. Se llenaron 12 bandejas de plástico transparente de

Subsequently, samples of the mycelium were taken and put on a potato-dextrose agar mean (PDA) (Merck, Darmstadt, Germany), repeating this step as many times as necessary until obtaining pure crops. Likewise, three isolations of different geographic regions were obtained (Table 2), where monosporic crops were performed to guarantee the pureness of the isolations.

Inoculation

A split-plot research with four replications was carried out at the Genetic Laboratory, Agronomy Faculty, UCLA. 12 clear plastic trays of 10 x 19 x 5 cm were filled with a substrate constituted by black land and sand (2:1 proportion) sterilized in autoclave for an hour, mixed with the content of a Petri plate where *F. oxysporum* f. sp. *Sesami* was growing in a PDA mean for two weeks.

Four trays were filled with a mix elaborated with each of the three isolations used, and four additional

Cuadro 2. Lugares de muestreo de plantas enfermas y/o suelo con sus respectivas coordenadas geográficas y altitud, para la obtención de los aislamientos de *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesami* evaluados.

Table 2. Sampling places of sick plants and/or soil with their correspondent geographic coordinates and altitude for obtaining the evaluated isolations of *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesami*.

Designación del sitio de muestreo	Sitio de recolecta	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
5-2009	Acequión	9° 12' 41,06'' LN	69° 01' 53,19'' LO	104
13-2009	El Playón	9° 12' 16,17'' LN	68° 46' 37,72'' LO	84
C-3	Entre Chorrerones y El Ají	9° 07' 43,18'' LN	69° 01' 44,54'' LO	114

10 x 19 x 5 cm con un sustrato constituido por tierra negra y arena (proporción 2:1) esterilizada en autoclave durante una hora, mezclada con el contenido de una cápsula de Petri en la cual estuvo *F. oxysporum* f. sp. *sesami* creciendo en medio PDA durante dos semanas. Cuatro bandejas fueron llenadas con la mezcla hecha con cada una de los tres aislamientos utilizados, y se utilizaron cuatro adicionales como testigo (se llenaron con el sustrato esterilizado, sin hongo). Las parcelas principales estuvieron representadas por los aislamientos, mientras que las parcelas secundarias estuvieron representadas por cuatro secciones de cada bandeja en la cual se sembraron 10 semillas de cada uno de los cuatro genotipos evaluados. Todos los tratamientos estuvieron bajo condiciones de temperatura y humedad ambiental durante los 14 días de evaluación.

Variables evaluadas

Se determinó la incidencia 14 días postsiembra, cuantificando el número de plantas enfermas, definiendo como tal a aquellas plántulas con lesiones que presentaron la típica coloración parda producida por el hongo. Como indicadores de severidad se midió la longitud de las lesiones visibles (LL) (cm) y la altura de la plántula (AP) (cm) (Gabriel, 1977); así como el porcentaje de la longitud de la plántula ocupada por lesión ((LL/AP)x100). Los valores obtenidos para cada variable se promediaron dentro de cada unidad experimental. La incidencia y la severidad se relacionaron dentro de cada unidad experimental mediante el Índice de Severidad de la Enfermedad (ISE), basado en Li *et al.* (2012) mediante la siguiente expresión:

were used as witness (were filled with the sterilized substrate, without fungus). The main plots were represented by the isolations, while the secondary plots were represented by four sections of each tray, on which were sowed 10 seeds of each of the four genotypes evaluated. All the treatments were under environmental temperature and humidity during 14 days of the evaluation.

Evaluated variables

The 14-day post-harvest incidence was determined, quantifying the number of sick plants, defining those seedlings with lesions that presented the typical brownish coloring produced by the fungus. As severity indicators were measured the length of the visible lesions (LL) (cm) and height of the seedling (HS) (cm) (Gabriel, 1977), as well as the longitude percentage of the seedling occupied per lesion ((LL/AP)x100). The values obtained for each variable were calculated on each plot. The incidence and severity were related on each plot using the Severity Index of the Disease (SID), based on Li *et al.* (2012) through the following expression:

$ISE = \sum((GSE \times NP) / TP)$, where:

GSE was the severity degree of the disease expressed in the scale of 0 for healthy plants, 1 for seedlings with lesions with a third or less of its longitude with the disease, 2 for seedlings with lesions that occupied a third and two thirds of the longitude, and 3 for seedlings with lesions that occupied more than two thirds of the longitude. NP was the number of plants with each severity degree, and TP was the total number of the evaluated plants.

$ISE = \sum((GSE \times NP) / TP)$, dónde GSE fue el grado de severidad de la enfermedad expresado en la escala de 0 para plantas sanas, 1 para plántulas con lesiones que ocuparon un tercio o menos de su longitud, 2 para plántulas con lesiones que ocuparon entre un tercio y dos tercios de su longitud, y 3 para plántulas con lesiones que ocuparon más de dos tercios de su longitud. NP fue el número de plantas con cada grado de severidad, y TP fue el número total de plantas evaluadas.

Análisis estadístico

Para cada una de las variables registradas se realizó un análisis de varianza previa comprobación de sus supuestos, siendo las fuentes de variación Aislamientos del Hongo, un primer término de error (con nueve grados de libertad), genotipos de ajonjolí, la interacción genotipos de ajonjolí x aislamientos del hongo, y el segundo término de error (con 36 grados de libertad). La significación estadística de la diferencias entre aislamientos del hongo se probó con el primer término del error, mientras que para genotipos de ajonjolí y para la interacción se hizo con el segundo término de error. Posteriormente se realizó la prueba de medias de Tukey en cada una de las fuentes de variación que resultaron con diferencias estadísticas. Estos análisis se hicieron con el programa Statistix for Windows v.8.0.

Resultados y discusión

La altura de las plántulas no presentó diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos inoculados y no inoculados (cuadro 3), lo cual indicó que la presencia de la enferme-

Statistical analysis

For each of the variables registered, a variance analysis was carried out prior the testing of the supposes, being the variation sources the isolation of the fungus, a first error term (with nine degrees of liberty), genotypes of sesame, the genotypes interaction of sesame x isolations of the fungus, and the second error term (with 36 degrees of liberty).

The statistical signification of the differences among the isolations of the fungus was tested with the first error term; meanwhile, the sesame genotypes and the interaction were performed with the second error term. Later, Tukey mean test was performed on each of the variation sources which resulted with statistical differences. These analyses were done using the Statistix software for Windows v.8.0

Results and discussion

The height of seedlings did not present significant differences ($P > 0.05$) between the inoculated treatments and the non-inoculated (table 3), which indicated that the presence of the disease did not affect the length of the seedlings in the case of sesame, this result contrasted to the patho-system tomato-*F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* where was presented the longitude's reduction of the inoculated seedlings (Gabriel, 1977). For the rest of the registered variables, significant differences were observed ($P < 0.05$) for all the variation sources. Figures 1 and 2 allowed visualizing the statistical differences among the genotype interaction of sesame x isolation of the

Cuadro 3. Prueba de medias de Tukey para la altura de plantas (cm) inoculadas y no inoculadas en cada uno de los cuatro genotipos de ajonjolí evaluados.

Table 3. Tukey mean test for the height of inoculated and non inoculated plants (cm) on each of the four evaluated sesame genotypes.

Genotipo	Inoculado	No inoculado
UCLA37	5,61 ^a	6,10 ^a
UCLA295	5,52 ^a	4,00 ^a
Maporal	5,08 ^a	3,95 ^a
43x32	4,57 ^a	4,15 ^a

Nota: valores en una misma fila seguidos por la misma letra, no difieren estadísticamente ($P>0,05$).

dad no afectó la longitud de las plántulas en el caso del ajonjolí, resultado que contrasto con el patosistema tomate-*F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* en el cual se presentó la disminución de la longitud de las plántulas inoculadas (Gabriel, 1977). Para las otras variables registradas se observaron diferencias estadísticas ($P<0,05$) para todas las fuentes de variación. Las figuras 1 y 2 permitieron visualizar las diferencias estadísticas que se dieron para la interacción genotipo de ajonjolí x aislamiento del hongo en las variables incidencia y longitud de la plántula ocupada por la lesión.

Para la incidencia se puede notar que la interacción estuvo dada por una capacidad diferencial de los aislamientos para enfermar a las plántulas de los distintos genotipos. Por lo que, el aislamiento 5-2009 no alcanzó a enfermar al genotipo 43x32, pero tuvo la capacidad de enfermar a más del 80% de las plántulas de UCLA 37. El aislamiento C-3 provocó una baja incidencia en los genotipos Maporal y 43x32 (menor al 10%) pero las mayores inci-

fungus in the variables incidence and longitude of the seedling occupied by the lesion.

In the case of the incidence, the interaction happened due to a differential capacity of the isolation to infect the seedlings from the different genotypes. Thus, the isolation 5-2009 did not reach to infect the genotype 43x32, but it had the capacity to infect more than 80% of UCLA 37 seedlings. The C-3 isolation provoked a low incidence in the genotypes Maporal and 43x32 (lower than 10%) and the highest incidences in UCLA 295 (over 50%) and UCLA 37 (over 90%).

Considering the average of incidence on the sesame genotypes, was observed that Maporal and 43x32 were the ones that presented the lowest levels, without surpassing in any case 20%, while UCLA37 presented the highest values, and in any case under 60% (figure 1). The interaction detected when analyzing the length of the plant occupied by the lesion (figure 2) indicated the differential capacity that the isolations of the pathogen had to

dencias en UCLA 295 (por encima del 50%) y UCLA 37 (por encima del 90%). Al considerar el promedio de la incidencia considerando solo los genotipos de ajonjolí, se observó que Maporal y 43x32 fueron los que presentaron los valores más bajos, sin sobrepasar en ningún caso el 20%, mientras que UCLA37 presentó los valores más altos, en ningún caso por debajo del 60% (figura 1).

La interacción detectada al analizar el porcentaje de la longitud de la plántula ocupada por lesión (figura 2) indicó la capacidad diferencial que tuvieron los aislamientos del patógeno para lograr el desarrollo de la enfermedad, lo cual dependió del cultivar

achieve the development of the disease, which depended on cultivating sesame where established. For illustrating this, was observed that the isolation C-3 had the capacity of developing and provoking the highest lesions on UCLA37 (more than 90% of the seedlings length, the highest severity reported in the current research) and UCLA295, but the lowest lesions on Maporal.

The phenomena happened with the isolation 5-2009 shows even more the interaction: it was the one with the capacity of provoking the highest lesions on Maporal, the second highest lesions on UCLA37, the lowest lesions on UCLA295 and did not cause any

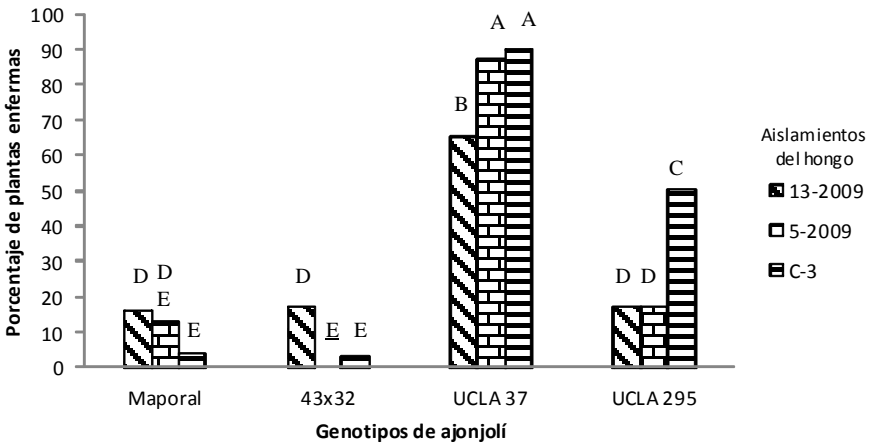


Figura 1. Incidencia de la enfermedad causada por tres aislamientos de *F. oxysporum* f.sp. *sesami* sobre cuatro genotipos de ajonjolí evaluados. La columnas identificadas con la misma letra no presentan diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de medias de Tukey ($P < 0,05$).

Figure 1. Incidence of the disease caused by three isolations of *F. oxysporum* f.sp. *sesami* on four genotypes of the evaluated sesame. The columns identified with the same letter do not differ statistically according to Tukey mean test ($P < 0.05$).

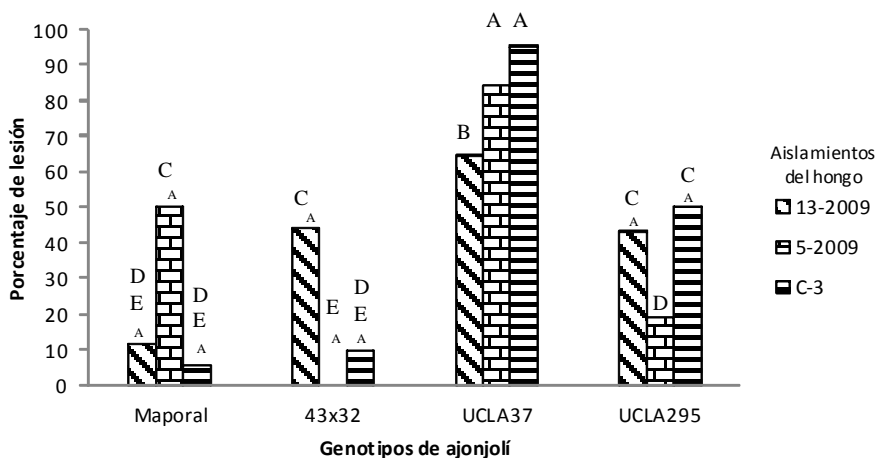


Figura 2. Porcentaje de la longitud de la plántula ocupada por la lesión causada por tres aislamientos de *F. oxysporum* f.sp. *sesami* sobre cuatro genotipos de ajonjolí. La columnas identificadas con la misma letra no presentan diferencias estadísticas de acuerdo a la prueba de medias de Tukey ($P<0,05$).

Figure 2. Longitude percentage of the seedling occupied by the lesion caused by three isolations of *F. oxysporum* f.sp. *sesami* on four sesame genotypes. Columns identified with the same letter do not present statistical differences according to Tukey mean test ($P<0.05$).

de ajonjolí sobre el cual se establecieron. Es así como se observó, por ejemplo, que el aislamiento C-3 que tuvo la capacidad de lograr desarrollarse y provocar las mayores lesiones sobre UCLA37 (más del 90% de la longitud de la plántula, la mayor severidad reportada en este trabajo) y UCLA295, pero las menores lesiones sobre Maporal. Lo que ocurre con el aislamiento 5-2009 evidencia aún mas la interacción: fue el que tuvo la capacidad de provocar las mayores lesiones sobre Maporal, las segundas mayores lesiones sobre UCLA37, las menores lesiones sobre UCLA295 y no pudo provocar lesiones sobre 43x32. Aún cuando la interacción fue evidente, se ob-

lesion on 43x32. Even though the interaction was evident, it was observed that on UCLA37 each of the three isolations had the capacity of provoking more lesions, that is, it was the sesame genotype (out of the four evaluated) the one which offered the lowest resistance towards the development of the pathogen; while Maporal and 43x32 were, averagely, the one that offered the highest resistance towards the development of the fungus. This differential response might be explained by two factors: the genotype of each isolation of the fungus, and the genotype of each sesame cultivar used. Both genotypes interacted with a differential behavior of

servó que sobre UCLA37 fue donde cada uno de los tres aislamientos tuvo la capacidad de provocar las mayores lesiones, es decir, fue el genotipo de ajonjolí (de los cuatro evaluados) que ofreció la menor resistencia al desarrollo del patógeno; mientras que Maporal y 43x32 fueron los que, en promedio, ofrecieron mayor resistencia al desarrollo del hongo. Esta respuesta diferencial podría ser explicada por dos factores a la vez: el genotipo de cada aislamiento del hongo y el genotipo de cada cultivar de ajonjolí utilizado. Ambos genotipos interactuaron dándose el comportamiento diferencial de los aislamientos tanto en la incidencia como en la severidad de la enfermedad que ocasionaron, dependiendo del cultivar sobre el cual actuaron.

Sobre los datos obtenidos de severidad se podría inferir que los mecanismos de resistencia genética de la planta al patógeno en el patosistema ajonjolí-*F. oxysporum* f.sp. *sesami* estuvieron controlados por más de un gen no es monogénico, ya que al evaluar solo cuatro genotipos de ajonjolí y tres aislamientos del hongo se dieron respuestas que según la prueba de medias fueron agrupadas en cuatro categorías (figura 2). Laurentin (2011) señaló que si una característica fue determinada por varios genes a la vez, los fenotipos resultarían en varias categorías.

Al observar en conjunto los resultados de incidencia y severidad, UCLA37 fue identificado como el cultivar con menor capacidad para soportar el ataque de *F. oxysporum* f.sp. *sesami*, pues fue el que presentó los mayores valores para ambas variables; mientras que Maporal y 43x32 registraron una baja incidencia, y

isolations, in both the incidence and the severity of the disease that caused, depending on the cultivar where appeared.

About the data obtained about the severity, can be inferred that the genetic resistance mechanisms of the plant to the pathogen in the pathosystem of sesame-*F. oxysporum* f.sp. *sesami* was controlled by more than one non-monogenic gen, since when evaluating only four sesame genotypes and three isolations of the fungus, were obtained responses that according to the mean test, were grouped into four categories (figure 2). Laurentin (2011) mentioned that if one of the characteristics was determined by different genes at the same time, the genotypes would result in different categories.

When observing the incidence and severity results, UCLA37 was identified as the cultivar with lower capacity to support the attack of *F. oxysporum* f.sp. *sesami*, because it was the one which presented the highest values for both variables; while Maporal and 43x32 registered a low incidence, additionally, the scarce plants that presented the disease had the capacity of restringing the development of it. El-Shazly *et al.* (1999), Kavak and Boydak (2006), El-Bramawy (2006) and El-Bramawy and Al-Wahid (2009) reported the existence of sesame genotypes resistance to the fungus, only based on the incidence in the field, without considering the severity of the disease.

For programs of genetic improvements, it might be risky to assume the existence of genetic resistance just evaluating the

adicionalmente, las pocas plantas que presentaron la enfermedad tuvieron la capacidad de restringir el desarrollo de ésta. El-Shazly *et al.* (1999), Kavak y Boydak (2006), El-Bramawy (2006) y El-Bramawy y Al-Wahid (2009) reportaron la existencia de genotipos de ajonjolí resistentes al hongo basados sólo en la incidencia a nivel de campo, sin considerar la severidad de la enfermedad. Para programas de mejoramiento genético pudiera resultar riesgoso asumir la existencia de resistencia genética con tan sólo evaluar la incidencia de la enfermedad en pruebas de campo, resultando más conveniente registrar también la severidad. La combinación de ambos parámetros podría generar una información más precisa al considerar tanto el número de plantas enfermas como la magnitud de las lesiones.

El cuadro 4 presenta los Índices de Severidad de la Enfermedad para cada combinación cultivar-aislamien-

incidence of the disease on the field, being more convenient to register the severity as well. The combination of both parameters might generate more accurate information considering both the number of sick plants and the magnitude of the lesions.

Table 4 presents the Disease Severity Indexes for each combination cultivar-isolation, which resulted in the rank from 0 to 2.70. The isolation 5-2009 presented a value of 0 when acting on 42x32, this could indicate immunity of this cultivar to such isolation; while the highest sensitivity corresponded for cultivar UCLA37 when inoculated with C-3.

Li *et al.* (2012) established at random that a weak pathogenicity ranked in SID values lower to 1.5; mild pathogenicity corresponded to a SIS from 1.5 to 3, while SID higher to 3 were considered as a strong pathogenicity. According to this scale, only the combinations UCLA37, 5-2009 and

Cuadro 4. Índices de severidad de la enfermedad para cada combinación cultivar de ajonjolí-aislamiento de *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesami* evaluada.

Table 4. Severity indexes of the disease for each cultivar combination of sesame-isolation of the evaluated *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesami*.

Genotipos de ajonjolí	Aislamientos		
	13-2009	5-2009	C-3
Maporal	0,16 ^D	0,26 ^D	0,04 ^E
43 x 32	0,34 ^D	0,00 ^E	0,03 ^E
UCLA37	1,30 ^B	2,61 ^A	2,70 ^A
UCLA295	0,34 ^D	0,17 ^D	1,00 ^C

Nota: los valores seguidos por una misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Tukey (P<0,05).

to, el cual resultó en el rango de 0 hasta 2,70. El aislamiento 5-2009 presentó un valor de 0 al actuar sobre 43x32, lo cual indicaría inmunidad de este cultivar a dicho aislamiento; mientras que la mayor susceptibilidad correspondió para el cultivar UCLA37 al ser inoculado con C-3. Li *et al.* (2012) establecieron arbitrariamente que una patogenicidad débil estuvo dada por valores de ISE menores a 1,5; patogenicidad moderada correspondió a ISE entre 1,5 y 3; mientras que ISE mayores a 3 fueron considerados como una fuerte patogenicidad. De acuerdo a esta escala, solo las combinaciones UCLA37, 5-2009 y UCLA37- C-3 mostraron una moderada patogenicidad, todas las otras combinaciones mostraron una patogenicidad débil. En el trabajo por ellos desarrollado, al inocular 20 aislamientos de *F. oxysporum* sobre plántulas de solo un genotipo de ajonjolí, consiguieron que siete de ellos presentaron una patogenicidad débil, ocho una patogenicidad moderada y cinco una patogenicidad fuerte.

Los resultados del presente trabajo permitieron conocer la existencia de variabilidad genética tanto entre los aislamientos de *F. oxysporum* f.sp. *sesami* en su capacidad de ocasionar la enfermedad, como entre los genotipos de ajonjolí en su resistencia al ataque del patógeno a nivel de plántula. Este conocimiento permite establecer sobre bases teóricas firmes programas de mejoramiento genético de ajonjolí hacia resistencia a este hongo, identificándose que en tres de los cuatro genotipos evaluados hubo mecanismos de resistencia que podrían ser aprovechados en programas de mejoramiento genético de ajonjolí.

UCLA37- C-3 showed mild pathogenicity, the rest of the combinations showed a weak pathogenicity. In the research carried out by the latter authors, inoculating 20 isolations of *F. oxysporum* on seedlings of a sesame genotype, found that seven of those presented a weak pathogenicity, eight a mild pathogenicity and five a strong pathogenicity.

The results of the current research allowed knowing the existence of the genetic variability in both the isolations of *F. oxysporum* f.sp. *sesami* on its capacity by causing the disease, as on the sesame genotypes on their resistance towards the attack of the pathogen in the seedling. This knowledge allows establishing theoretically programs for genetic improvements of sesame towards the resistance to this fungus, identifying that in three, out of the four genotypes evaluated; there were resistance mechanisms that might be used in programs of sesame genetic improvements.

Conclusion

There is wide variability of sesame genotypes in relation to the incidence and severity of the disease caused by three isolations of *F. oxysporum* f.sp. *sesami*. Even with the interactions observed, it was clearly defined the tendency of UCLA37 to present the highest values in both the incidence and the severity, while Maporal and 43x32 presented the lowest values.

End of english version

Conclusión

Existe una amplia variabilidad de los genotipos de ajonjolí en relación a la incidencia y severidad de la enfermedad que sobre ellos ocasionaron tres aislamientos de *F. oxysporum* f.sp. *sesami*. Aun con las interacciones observadas, fue claramente definible la tendencia de UCLA37 a presentar los mayores valores tanto en incidencia como en severidad, mientras que Maporal y 43x32 presentaron los valores menores.

Literatura citada

- Augstburger, F., J. Berger, U. Censkowsky, P. Heid, J. Milz y C. Streit. 2000. Agricultura orgánica en el trópico y subtropico. Guías de 18 cultivos. Ajonjolí (Sésamo). Asociación Naturland. Gräfelfing, Alemania. Disponible en: <http://www.naturland.de/fileadmin/MDb/documents/Publication/Espanol/ajonjolí.pdf>
- Bowers, J. y J. Locke. 2000. Efecto de los extractos botánicos sobre las poblaciones de *Fusarium oxysporum*. Plant Disease 84(3):300-305.
- El-Bramawy, M. 2006. Inheritance of resistance to Fusarium wilt in some sesame crosses under field conditions. Plant Protection Sciences 42:99-105.
- El-Bramawy, M. y A. Al-Wahid. 2009. Evaluation of resistance of selected sesame (*Sesamum indicum*) genotypes to Fusarium wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesami*. Tunisian Journal of Plant Protection 4:29-39.
- El-Shazly, O., A. Al-Wahid, M. El-Ashry, S. Ammar y M. El-Bramawy. 1999. Evaluation of resistance to Fusarium wilt disease in sesame germplasm. International Journal of Pest Management 45:207-210.
- FEDEAGRO. 2012. Estadísticas agrícolas. Producción agropecuaria. Disponible en: www.fedeagro.org
- Gabriel, M. 1977. Estimación de la agresividad de diferentes aislamientos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Schlecht) sn. et h. Mycopathologia 62(1):61-64.
- García, A. 2010. Análisis de la comercialización del ajonjolí en Venezuela. Trabajo de Grado. Decanato de Agronomía de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto. 72 p.
- Kavak, H. y E. Boydak. 2006. Screening the resistance levels of 26 sesame breeding lines to Fusarium wilt disease. Plant Pathology Journal 5:157-160.
- Laurentin, H. 2011. Genética Agrícola. Editorial Académica Española. Saarbrücken, Alemania. 233 p.
- Laurentín, H. y C. Pereira. 2001. Incidencia de la mosca blanca sobre seis genotipos de ajonjolí. Agronomía Tropical 51(3):319-335.
- Laurentín, H. y P. Karlovsky. 2007. AFLP fingerprinting of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars: identification, genetic relationship and comparison of AFLP informativeness parameters. Genet. Resour. Crop Evol. 54:1437-1446.
- Laurentin, H., A. Layrisse y P. Quijada. 2000. Evaluación de dos ciclos de selección recurrente para altos rendimientos de semilla en una población de ajonjolí. Agronomía Tropical 50:521-535.
- Li, D., L. Wang, Y. Zhang, H. Lv, X. Qi, W. Wei y X. Zhang. 2012. Pathogenic variation and molecular characterization of *Fusarium* species isolated from wilted sesame in China. African Journal of Microbiology Research 6:149-154.
- Lugo Z. y N. Sanabria. 2001. Características culturales y patogénicas en aislamientos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* procedentes de plantaciones comerciales de tomate. Agronomía Tropical 51:519-530.

- Mazzani, B. 1999. Investigación y tecnología del cultivo del ajonjolí en Venezuela. Ediciones del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Caracas. Venezuela. 103 p.
- Mazzani, B., C. Nava, A. Martínez y A. Layrisse. 1973. Maporal, una nueva variedad de ajonjolí para los Llanos Occidentales. *Agronomía Tropical* 23:501-508.
- Mazzani, E., C. Marín y J. Romero. 2007. Clasificación del banco de germoplasma de ajonjolí de Venezuela basada en escalas cualitativas. *Agronomía Tropical* 57(1):15-24.