

Cuantificación de inóculo en el suelo e incidencia de *Macrophomina phaseolina* sobre híbridos de sorgo en tres localidades de los Llanos Centrooccidentales de Venezuela

Inoculum quantification in soil and incidence of *Macrophomina phaseolina* on sorghum hybrids at three locations of the Venezuelan West-central Plains

R. González¹, J. Pineda² y Y. Graterol¹

¹ INIA-CIAE-Portuguesa.

² UCLA, Posgrado Fitopatología Apdo. 400, Barquisimeto.

Resumen

La pudrición carbonosa del tallo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) causada por el hongo *Macrophomina phaseolina* ha sido señalada como una de las principales limitantes que afectan los rendimientos en siembras comerciales. Con el objeto de evaluar el comportamiento de 12 híbridos de sorgo en suelos naturalmente infestados con el hongo, fueron conducidos tres ensayos en Apartaderos (estado Cojedes), Turén y Guanare (estado Portuguesa), durante el ciclo de siembra 2002-2003. En cada localidad se utilizó un diseño de bloques al azar con 12 tratamientos y 4 repeticiones. Se registró el número de plantas enfermas y se tomó una muestra de suelo por unidad experimental para cuantificar la cantidad de esclerocios. La humedad del suelo afectó en gran medida el rendimiento, la incidencia de la enfermedad y el número de esclerocios presentes en el suelo. El promedio de plantas enfermas fue mayor en Guanare, seguido por Apartaderos y Turén. El comportamiento de los híbridos Criollo 26 e Himeca 600 sugieren tolerancia y susceptibilidad a la enfermedad. Los híbridos más afectados por la enfermedad en las diferentes localidades no se correspondieron con la cantidad de esclerocios.g⁻¹ de suelo en cada localidad. El mayor contenido de esclerocios.g⁻¹ de suelo correspondió a la localidad de Apartaderos donde se registró el menor contenido de humedad en el suelo al final del ciclo. **Palabras clave:** Cuantificación de esclerocios, *Macrophomina phaseolina*, *Sorghum bicolor*, Pudrición carbonosa.

Recibido el 25-6-2004 ● Aceptado el 30-4-2007

Autor de correspondencia e-mail: po_dir@inia.gov.ve; jpineda@ucla.edu.ve

Abstract

The charcoal rot disease in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) caused by *Macrophomina phaseolina* has been indicated as a limiting factor to reach high yields. Twelve commercial grain sorghum hybrids were planted in soils naturally infested with the causal agent of the disease in order to evaluate their performance in three trials carried out at Apartaderos (Cojedes State), Turen and Guanare (Portuguesa State). In each location a split plot design with four replications was used. The infested plants number was registered and soil samples were taken in any of experimental unit to quantify the amount of sclerotia. Yield, disease incidence and the amount of sclerotia presented in the soil were greatly affected by soil moisture. The highest infested plants average was recorded in Guanare, followed by values detected in Apartaderos and Turen. Behavior of Criollo 26 and Himeca 600 hybrids suggests having genetic tolerance and susceptibility, respectively, to the disease. Hybrids more affected by disease in the different locations do not correspond with the amount of sclerotia.g⁻¹ of soil in each location. Apartaderos was the location with the greatest sclerotia.g⁻¹ of soil amount and the lowest soil moisture content at the end of cycle.

Key words: Sclerotia quantification, *Macrophomina phaseolina*, *Sorghum bicolor*.

Introducción

El sorgo granífero es un cereal de origen tropical ampliamente cultivado en todo el mundo (5, 27). Según Paliwal (24), uno de los principales factores que limita la obtención de altos rendimientos en el cultivo del sorgo granífero es la incidencia de enfermedades. Entre ellas, la pudrición carbonosa del tallo causada por *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid, la cual afecta al sorgo especialmente durante la floración y maduración del grano (6, 17, 32).

La pudrición carbonosa del tallo ocasiona en el sorgo mayores pérdidas que todas las demás enfermedades juntas (11), en especial cuando existen condiciones ambientales favorables durante la floración y madu-

Introduction

The grain sorghum is a cereal of tropical origin widely cultured around the world (27, 5). According Paliwal (24), one of the principal factors that limits the obtaining of high yields of grain sorghum is the incidence of diseases Among them, the charcoal rot disease caused by *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid, that affects sorghum specifically during flowering and maturity of grain (6, 17, 32).

The charcoal rot disease causes in sorghum higher losses that in every diseases together (11), specially when exist environmental conditions favorable during flowering and physiological maturity (26, 22, 5). The economical damage caused by this fungal in sorghum at the United Sta-

ración fisiológica (5, 22, 26). El daño económico ocasionado por este hongo en el sorgo en los Estados Unidos ha llegado a representar hasta un 50 % del total de los daños de otras enfermedades (2, 3, 11, 26). Varios autores han determinado que *M. phaseolina* es uno de los patógenos que prevalece mayor tiempo en el suelo y además, posee una amplia distribución, (principalmente en USA. y la India: (5, 8), sobreviviendo principalmente en forma de esclerocios, la cual constituye la principal fuente de inóculo (6, 23).

La incidencia de la enfermedad en el cultivo varía de un año a otro y de región a región, dependiendo del manejo agronómico y de las condiciones climáticas (5, 34, 35); sin embargo, la susceptibilidad de los cultivares puede ser un factor preponderante en la elección del material de siembra más apropiado (2, 33)

Se ha comprobado que la combinación de altas temperaturas, baja humedad del suelo y siembras tardías son los factores más importantes para que se manifieste la enfermedad (13, 16, 33). De acuerdo con Paliwal (24), la enfermedad se desarrolla en ambientes secos y cálidos, especialmente cuando hay estrés por humedad y temperaturas altas en el suelo. La pudrición carbonosa del tallo en el sorgo, se ha incrementado con el desarrollo de nuevos híbridos y con el aumento de la superficie de siembra (4, 32). También favorece el desarrollo de la enfermedad los inapropiados métodos de labranza y la baja fertilidad de los suelos (10, 17, 25, 28, 35).

Este fitopatógeno posee una amplia distribución geográfica, capaz de atacar fácilmente a un gran número

de cultivos hasta un 50% del total de los daños por otras enfermedades (2, 3, 11, 26). Varios autores han determinado que *M. phaseolina* es uno de los patógenos que prevalece mayor tiempo en el suelo y además, posee una amplia distribución especialmente en los USA y la India (5, 8), sobreviviendo a través de esclerocios, lo que constituye la principal fuente de inóculo (6, 23).

La incidencia de la enfermedad en los cultivos varía de un año a otro y de región a región, dependiendo del manejo agronómico y de las condiciones climáticas (5, 34, 35); sin embargo, la susceptibilidad de los cultivares puede ser un factor preponderante en la elección del material de siembra más apropiado (2, 33).

Se ha comprobado que la combinación de altas temperaturas, baja humedad del suelo y siembras tardías son los factores más importantes para que se manifieste la enfermedad (13, 16, 33). De acuerdo con Paliwal (24), la enfermedad se desarrolla en ambientes secos y cálidos, especialmente cuando hay estrés por humedad y temperaturas altas en el suelo. La pudrición carbonosa del tallo en el sorgo, se ha incrementado con el desarrollo de nuevos híbridos y con el aumento de la superficie de siembra (4, 32). También favorece el desarrollo de la enfermedad los inapropiados métodos de labranza y la baja fertilidad de los suelos (10, 17, 25, 28, 35).

Este fitopatógeno posee una amplia distribución geográfica, capaz de atacar fácilmente a un gran número de cultivos hasta un 50% del total de los daños por otras enfermedades (2, 3, 11, 26). Varios autores han determinado que *M. phaseolina* es uno de los patógenos que prevalece mayor tiempo en el suelo y además, posee una amplia distribución especialmente en los USA y la India (5, 8), sobreviviendo a través de esclerocios, lo que constituye la principal fuente de inóculo (6, 23).

La producción de sorgo en Venezuela está concentrada en la zona central,

ro de especies vegetales, por lo que se le considera un patógeno polífago (19, 21, 29).

La producción de sorgo en Venezuela está concentrada en los llanos centrales, orientales y occidentales (1, 20). En la zona Centroccidental se presentan problemas de precipitaciones irregulares, altas temperaturas e incidencia de enfermedades (12, 20). En el país, *M. phaseolina* se ha reportado en la época de secano especialmente en siembras tardías, teniendo incidencia económica en los cultivos: sorgo granífero, ajonjolí, girasol, soya, frijón y caraota (14, 15, 25, 31). Pineda (29), concluye que el hongo está presente en todos los campos agrícolas del estado Portuguesa.

Debido a la importancia económica que representa la pudrición carbonosa del tallo de sorgo en la región Centroccidental, se condujo este estudio con el objeto de cuantificar primero el inóculo presente en tres localidades de los Llanos Centroccidentales de Venezuela y en segundo lugar evaluar el comportamiento de 12 híbridos de sorgos, de origen nacional e importado, en suelos infestados naturalmente con el patógeno.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en las localidades de Apartaderos, estado Cojedes, Turén y Guanare, estado Portuguesa, durante el ciclo de siembra 2002 – 2003 con fechas de siembra: 10 Septiembre, 01 Octubre y 22 Octubre de 2002, respectivamente. Se evaluaron doce híbridos de sorgo (Criollo-25, Criollo-26, Criollo-24,

oriental and occidental plains (1, 20). In west-central plains region presents problems of irregular rainfalls, high temperatures and disease incidence (12, 20). In country, *M. phaseolina* has been reported in the upland time especially in late sowings, by having economical incidence in crops: grain sorghum, sesame, sunflower, soybean, bean and bean (14, 15, 25, 31). Pineda (29) concludes that fungal is present in every agricultural fields of the Portuguesa state.

Because of the economical importance that represents the charcoal rot disease of sorghum in center-occidental region, this research was carried out with the purpose of quantifying in first place the inoculum present in three locations of the center-occidental plains of Venezuela and in second one, to evaluate behavior of 12 hybrids of sorghum, of national and international origin in soils infested naturally with pathogen.

Materials and methods

Study was carried out in locations of Apartaderos (Cojedes state), Turén and Guanare (Portuguesa state), during sowing cycle 2002 – 2003 with sowing times: September 10, October 01 and October 22, 2002, respectively. Twelve hybrids of sorghum (Criollo-25, Criollo-26, Criollo-24, Criollo-1, Chaguaramas VII; XIII; XIV, SR-4000, SR-4001, Himeca-600, P85G76 and P85G83), of national and imported and of a common use in region.

Design used in essays was a split plot one, with four replications. Ex-

Criollo-1, Chaguaramas VII; XIII; XIV, SR-4000, SR-4001, Himeca-600, P85G76 y P85G83), de origen nacional e importado y de uso común en la zona.

El diseño utilizado en los ensayos fue de bloques al azar, con cuatro repeticiones. Las parcelas experimentales estaban conformadas por dos hilos de 6 m, utilizando los 5 m centrales para la cosecha. La separación entre hilos fue de 0,70 m, para una área efectiva de 7 m² y una densidad de 15 plantas.m⁻¹. Se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0-20 cm. al momento de la cosecha en cada unidad experimental para determinar la cantidad de esclerocios de *M. phaseolina*. En el laboratorio se tomó 1 g de cada muestra para cuantificar el inóculo del patógeno según la metodología de Watanabe *et al.* (37). La evaluación consistió en determinar la incidencia de la enfermedad antes de la cosecha (aproximadamente a los 120 días después de la siembra), cuantificándose el porcentaje de plantas enfermas en cada unidad experimental. Para lograr normalidad, los porcentajes de plantas enfermas fueron transformados según la fórmula

$Pt = \log (PPE \times 10) \times 10$; donde Pt = cantidad transformada, PPE = porcentaje de plantas enfermas. Con el mismo propósito, el número de esclerocios fue transformado según la fórmula

$y = x^{1/2}$ donde y = cantidad transformada, x= número de esclerocios por gramo de suelo.

El rendimiento de granos se determinó cosechando las dos hileras de cada unidad experimental expresando el rendimiento en kg · ha⁻¹ ajustado

perimental plots were formed by two rows of 6 m by using the 5 central m for harvesting. Separation between rows was of 0.70 m, for an effective area of 7 m² and a density of 15 plants.m⁻¹. Soil samples at a depth of 0-20 cm were taken at the moment of harvesting in each experimental unit for determining sclerotia quantity of *M. phaseolina*. 1g of each simple was taken at the laboratory for quantifying the pathogen inoculum by following Watanabe *et al.* methodology (37). Evaluation consisted in determining disease incidence before harvesting (approximately at 120 days alter sowing), by being quantified the percentage of damaged plants in each experimental unit. For achieving normality, percentages of damaged plants were transformed by following the formula:

$Pt = \log (PPE \times 10) \times 10$; in where: Pt = transformed quantity, PPE = damaged plants percentage.

With the same purpose, the sclerotia number was transformed according the formula:

$y = x^{1/2}$, in where: y = transformed quantity, x= sclerotia number by soil gram.

Grain yield was determined by harvesting the two rows of each experimental unit by expressing yield in kg.ha⁻¹ adjusted to 12% of moisture. Soil moisture determination was accomplished by the gravimetric method (30) in samples taken in each location at the moment of harvesting at a depth of 0-20 cm.

Results obtained were analyzed with the statistical program Statistix (version 7.0) by following the

al 12% de humedad. La determinación de humedad del suelo se realizó por el método gravimétrico (30) en muestras tomadas en cada localidad al momento de la cosecha a una profundidad de 0-20 cm.

Los resultados obtenidos fueron analizados con el programa estadístico Statistix (versión 7.0) siguiendo el modelo de análisis combinado sobre localidades sugerido por McIntosh (19) y el modelo tradicional de bloques completamente aleatorizados para cada localidad. Para la comparación entre medias de tratamientos se utilizó la mínima diferencia significativa al 5% de probabilidad y se determinaron correlaciones entre las variables involucradas (36).

Resultados y discusión

El análisis combinado de la variancia (cuadro 1) indicó efecto altamente significativo de localidad sobre el rendimiento, porcentaje de plantas enfermas y número de esclerocios. Los efectos de híbrido y de la interacción híbrido x localidad resultaron altamente significativos para el rendimiento y porcentaje de plantas enfermas, lo cual indica que tanto el rendimiento como la incidencia de la enfermedad se comportaron diferentes para cada híbrido según la localidad. Estos resultados concuerdan parcialmente con otros investigadores (5, 26, 34) quienes encontraron que la incidencia de la enfermedad en el cultivo varía en el tiempo y la localidad, dependiendo del manejo agronómico y de las condiciones climáticas.

El mayor valor del cuadrado

combined analysis method on locations suggested by McIntosh (19) and the traditional model of blocks totally at random for each location. For the comparison between treatment means, the minimum significant difference to 5% of probability was used and correlations between variables involved were determined (36).

Results and discussion

The combined analysis of variance (table 1) showed an effect highly significant of location on yield, percentage of damaged plants and sclerotia number. The hybrid effects and the interaction hybrid x location resulted highly significant for yield and percentage of damages plants which showed that yield and disease incidence had a different behavior for each hybrid according location. These results agree partially with another researches (5, 26, 34) who found that disease incidence on crop varies on time and location, depending on the agronomical management and climatic conditions.

The higher value of mean square of the variable "location" when comparing with those of variables "hybrid" and "interaction" (table 1) indicates that "location" showed the higher variability on three parameters in study. For this reason, hybrids behavior was analyzed and discussed separately in each location. In tables 2, 3 and 4 are shows the percentages means of diseases plants, sclerotia number in soil and yield, respectively, of each hybrid in each location

Cuadro 1. Análisis combinado de la variancia del rendimiento, porcentaje de plantas enfermas y número de esclerocios por gramo de suelo de 12 híbridos de sorgo granífero en tres localidades de los estados Cojedes y Portuguesa.

Table 1. Analysis of the yield variance, percentage of disease plants and sclerotia number by gram of soil of 12 hybrids of grain sorghum in three locations of Cojedes and Portuguesa state.

Fuente de variación	Grados de libertad	Porcentaje de plantas enfermas	Número de esclerocios	Rendimiento kg·ha ⁻¹
Cuadrados medios ¹				
Localidad (L)	2	503 **	99 **	27.420.000 **
Error a	9	23	6	288.145
Híbrido (H)	11	62 **	3	3.098.034 **
L x H	22	63 **	4	1.966.011 **
Error b	99	11	3	224.212
cv ² error a (%)	24	25	13	
cv error b (%)	17	19	12	

¹**Diferencias significativas al 1% de probabilidad

²Coefficiente de variación

medio de la variable localidad al comparar con los de las variables híbrido y la interacción (cuadro 1), indican que localidad presentó la mayor variabilidad sobre los tres parámetros en estudio. Por esta razón, se analizó y discutió el comportamiento de los híbridos separadamente en cada localidad. En los cuadros 2, 3 y 4 se presentan los promedios del porcentaje de plantas enfermas, número de esclerocios en el suelo y rendimiento, respectivamente, de cada híbrido en cada localidad.

El coeficiente de correlación entre el número de plantas enfermas y cantidad de esclerocios presente en el suelo para la localidad de Apartaderos fue de -0.098, para Turen fue de -0.18

Correlation coefficient between the number of diseases plants and sclerotia quantity present in soil for Apartaderos location was of -0.098, for Turen was of -0.18 and for Guanare location was of -0.06 indicating that the sclerotia quantity do not was correlated with number of diseases plants.

In average, incidence of plants disease resulted higher in Guanare (34.43%) and Apartaderos (13.28%) locations (table 2) whereas the little one was observed in Turen (3.85%). Hybrids more affected by Guanare were Criollo 26 (92.11%), Chaguaramas XIII (92.11%), Chaguaramas XIV (79.54%) and Himeca 600 (71.95%) (table 2).

y para la localidad de Guanare fue de -0.06; indicando que la cantidad de esclerocios no estuvo correlacionado con el número de plantas enfermas.

En promedio, la incidencia de la enfermedad de las plantas resultó mayor en las localidades de Guanare (34,43%) y Apartaderos (13,28%) (cuadro 2); mientras que la menor se presentó en Turén (3,85%). Los híbridos más afectados por la enfermedad en Guanare fueron Criollo 26 (92,11%), Chaguaramas XIII (92,11%), Chaguaramas XIV (79,54%) e Himeca 600 (71,95%) (cuadro 2).

Con relación al contenido de esclerocios en el suelo no hubo diferencias significativas entre estos híbridos (cuadro 3). Sin embargo, para la localidad de Guanare el híbrido Criollo-25 presentó el mayor valor de esclerocion (105 esclerocios.g⁻¹ de suelo). En la localidad de Apartaderos, el híbrido más afectado fue Chaguaramas XIII con 46,10% de plantas enfermas (cuadro 2). Con relación al número de esclerocios.g⁻¹ de suelo el mayor valor fue para el híbrido SR-4001 con 160 esclerocios.g⁻¹ de suelo (cuadro 3). El rendimiento del híbrido Chaguaramas XIII fue uno de los más bajos en la localidad de Apartaderos (cuadro 4).

En esta misma localidad, el híbrido Himeca 600 fue afectado en un 22,44% presentando 95 esclerocios.g⁻¹ de suelo, cantidad que no se diferenció estadísticamente de la presentada por Chaguaramas XIII. Aunque la diferencia en la incidencia de la enfermedad entre ambos híbridos (23,66%) no fue estadísticamente significativa, el rendimiento de Himeca 600 fue, sin embargo, 28% mayor al de Chaguaramas XIII.

In relation to sclerotia content in soil there were not significant differences between these hybrids (table 3). However, for Guanare location the hybrid Criollo-25 showed the higher value of sclerotia (105 sclerotia.g⁻¹ of soil). In Apartaderos location, hybrid more affected was Chaguaramas XIII with 46.10% of disease plants (table 2). Referent to sclerotia number.g⁻¹ of soil, the higher value was for hybrid SR-4001 with 160 sclerotia.g⁻¹ of soil (table 3). Yields of hybrid Chaguaramas XIII was one of lower in the Apartaderos location (table 4).

In the same location, the Himeca 600 hybrid was affected in a 22.44% by showing 95 sclerotia.g⁻¹ of soil; this quantity was not differenced in a statistical way from those showed by Chaguaramas XIII. Even though difference in disease between both hybrids (23.66%) was not statistically significant, Himeca 600 hybrid was 28% superior to Chaguaramas XIII.

Hybrids highly affected in Turen location were SR-4001 and P-85G83 (9.79 and 8.38%, respectively, table 2) which showed 100 and 90 sclerotia.g⁻¹ of soil (table 3). These values were statistically similar to SR-4000 hybrid which showed the higher value of sclerotia.g⁻¹ of soil (120 sclerotia.g⁻¹ of soil).

Results indicate that hybrids more affected in different locations did not show the higher sclerotia quantities.g⁻¹ of soil. These results agree with De Bauer (7) research who concluded that the increase on disease incidence in crop is not necessarily proportional to the inoculum increase even though environmental conditions favoring disease.

Cuadro 2. Promedios de los porcentajes de plantas enfermas de 12 híbridos de sorgo granífero en tres localidades de los estados Cojedes y Portuguesa.

Table 2. Mean percentages of damaged plants of 12 hybrids of grain sorghum in three locations of Cojedes and Portuguesa states.

Híbrido	Localidad		
	Apartaderos	Turén	Guanare
Criollo 26	10,40 ^{bcd1}	2,70 ^{abcd}	92,11 ^a
Criollo 24	2,83 ^e	4,36 ^{abcd}	15,71 ^{bc}
Chaguaramas VII	5,82 ^{cde}	0,68 ^d	21,18 ^b
P-85G83	5,35 ^{cde}	8,38 ^{ab}	2,21 ^d
P-85G79	4,08 ^{de}	5,65 ^{abc}	12,40 ^{bc}
Himeca 600	22,44 ^{ab}	1,75 ^{bcd}	71,95 ^a
SR-4000	10,07 ^{cde}	1,61 ^{bcd}	6,11 ^{cd}
Criollo 1	9,49 ^{cde}	1,47 ^{cd}	14,03 ^{bc}
Chaguaramas XIV	13,55 ^{bc}	4,01 ^{abcd}	79,54 ^a
SR-4001	11,94 ^{bcd}	9,79 ^a	1,90 ^d
Chaguaramas XIII	46,10 ^a	3,04 ^{abcd}	92,11 ^a
Criollo 25	17,24 ^b	2,70 ^{abcd}	3,85 ^d
Promedio	13,28 ^A	3,85 ^B	34,43 ^A
cv ² (%)	14	25	12

¹Promedios seguidos por la misma letra minúscula en la columna y mayúscula en la fila son iguales estadísticamente según la mínima diferencia significativa al 5% de probabilidad de los datos transformados

²Coefficiente de variación

Los híbridos mayormente afectados en la localidad de Turén fueron SR-4001 y P-85G83 (9,79 y 8,38%, respectivamente, cuadro 2) los cuales presentaron, 100 y 90 esclerocios.g⁻¹ de suelo (cuadro 3). Estos valores fueron estadísticamente similares al híbrido SR-4000 el cual presentó el mayor valor de esclerocios.g⁻¹ de suelo (120 esclerocios.g⁻¹ de suelo)

Los resultados indican que los híbridos más afectados en las diferentes localidades no presentaron necesariamente las mayores cantidades de

The higher percentage of damaged plants corresponded to hybrid Criollo 26 in Guanare in where the higher yield was found. The damaged percentage did not affected yield (table 4) of this hybrid which could be indicative of a possible tolerance to disease. On the contrary, behavior of hybrid Himeca 600 could indicate a possible susceptibility to the disease since showed the high yield (6560 kg.ha⁻¹) in Turen in where the damaged plants percentage was one of the lower ones and the little

Cuadro 3. Número de esclerocios·g⁻¹ de suelo presentes en las localidades de los estados Cojedes y Portuguesa en relación a los híbridos evaluados.

Table 3. Sclerotia number·g⁻¹ of soil presents in the locations of Cojedes and Portuguesa status in relation to evaluated hybrids.

Híbrido	Localidad		
	Apartaderos	Turén	Guanare
Criollo 26	130 ^{ab1}	80 ^{ab}	70 ^{ab}
Criollo 24	130 ^{ab}	110 ^a	40 ^b
Chaguaramas VII	85 ^b	90 ^{ab}	60 ^b
P-85G83	110 ^{ab}	90 ^{ab}	60 ^b
P-85G79	110 ^{ab}	55 ^b	50 ^b
Himeca 600	95 ^b	110 ^a	55 ^b
SR-4000	120 ^{ab}	120 ^a	55 ^b
Criollo 1	120 ^{ab}	80 ^{ab}	55 ^b
Chaguaramas XIV	115 ^{ab}	90 ^{ab}	65 ^b
SR-4001	160 ^a	100 ^{ab}	70 ^{ab}
Chaguaramas XIII	105 ^{ab}	85 ^{ab}	60 ^b
Criollo 25	95 ^b	95 ^{ab}	105 ^a
Promedio	114 ^A	91 ^B	61 ^C
cv ² (%)	18	20	19
Humedad del suelo (%)	5,04	9,95	6,10

¹Promedios seguidos por la misma letra minúscula en la columna y mayúscula en la fila son iguales estadísticamente según la mínima diferencia significativa al 5% de probabilidad de los datos transformados

²coeficiente de variación

esclerocios·g⁻¹ de suelo. Este resultado concuerda con las investigaciones de De Bauer (7), quién concluyó que el aumento en la incidencia de una enfermedad en el cultivo no es necesariamente proporcional al incremento del inóculo, aún cuando las condiciones ambientales sean favorables a la enfermedad.

El más alto porcentaje de plantas enfermas correspondió al híbrido Criollo 26 en Guanare, donde presentó el mayor rendimiento. El porcenta-

yield 3180 kg·ha⁻¹ in Guanare (table 4) in where its damaged plants percentage was one of the higher ones (table 2).

Hybrids that showed little percentages of damaged plants in three locations studied were P-85G83 and SR-4000, however, its yield did not defies some hybrids with a higher percentage of damaged plants.

In the inferior section of table 3 are showed averages of sclerotia number by soil gram and the soil

Cuadro 4. Promedios del rendimiento (kg.ha⁻¹) de 12 híbridos de sorgo granífero en las localidades de los estados Cojedes y Portuguesa.

Table 4. Yield means (kg.ha⁻¹) of 12 hybrids of grain sorghum in the Cojedes and Portuguesa states.

Híbrido	Localidad		
	Apartaderos	Turén	Guanare
Criollo 26	3,970 ^{a1}	5,210 ^b	4,890 ^a
Criollo 24	3,720 ^a	6,070 ^a	4,460 ^{ab}
Chaguaramas VII	3,660 ^a	5,850 ^{ab}	3,980 ^{bc}
P-85G83	3,630 ^{ab}	3,850 ^{cd}	3,800 ^{cd}
P-85G79	3,500 ^{abc}	4,080 ^c	4,380 ^{abc}
Himeca 600	3,430 ^{abcd}	6,560 ^a	3,180 ^d
SR-4000	3,070 ^{bcd}	3,750 ^{cd}	4,610 ^{ab}
Criollo 1	3,020 ^{cde}	3,660 ^{cd}	3,770 ^{cd}
Chaguaramas XIV	2,920 ^{de}	5,230 ^b	4,140 ^{bc}
SR-4001	2,920 ^{de}	3,740 ^{cd}	4,490 ^{ab}
Chaguaramas XIII	2,470 ^{ef}	5,100 ^b	3,980 ^{bc}
Criollo 25	2,080 ^f	3,240 ^d	3,790 ^{cd}
Promedio	3,200 ^C	4,700 ^A	4,120 ^B
cv ² (%)	13	12	11

¹Promedios seguidos por la misma letra minúscula en la columna y mayúscula en la fila son iguales estadísticamente según la mínima diferencia significativa al 5% de probabilidad

² Coeficiente de variación.

je de plantas enfermas no afectó el (cuadro 4) rendimiento de este híbrido, lo cual podría ser indicativo de una posible tolerancia a la enfermedad. Por el contrario, el comportamiento del híbrido Himeca 600 podría indicar una posible susceptibilidad a la enfermedad ya que presentó el mayor rendimiento (6560 kg.ha⁻¹) en Turén donde el porcentaje de plantas enfermas fue uno de los más bajos (cuadro 2) y el menor rendimiento (3180 kg.ha⁻¹) en Guanare (cuadro 4) donde su porcentaje de plantas enfermas fue uno de los más altos (cuadro 2).

moisture content at the end of crop cycle in three locations. According Dhingra and Sinclair (9), in soils continuously cultured without any type of crop rotation inoculum quantities densities until 250 sclerotia by soil gram. In this study values oscillate between 61 and 114 for Guanare and Apartaderos locations, respectively. In relation to soil moisture content in the Apartaderos location, the little value was registered: 5.04% (table 3). This result agree with some researches (16, 18, 33) in where it was concluded that the

Los híbridos que mostraron menores porcentajes de plantas enfermas en las tres localidades estudiadas fueron P-85G83 y SR-4000, sin embargo, su rendimiento no superó al de algunos híbridos con mayor porcentaje de plantas enfermas.

En la sección inferior del cuadro 3 se presentan los promedios del número de esclerocios por gramo de suelo y el contenido de humedad del suelo a final del ciclo del cultivo en las tres localidades. Según Dhingra y Sinclair (9), en suelos cultivados continuamente sin ningún tipo de rotación de cultivo se pueden presentar densidades de inóculo de hasta 250 esclerocios por gramo de suelo. En el presente estudio, los valores oscilaron entre 61 y 114 para las localidades de Guanare y Apartaderos, respectivamente. Con relación al contenido de humedad en el suelo en la localidad de Apartaderos se registró el menor valor de humedad: 5,04% (cuadro 3). Este resultado se corresponde con algunas investigaciones (16, 18, 33) donde se concluyó que la baja humedad del suelo fue uno de los factores más importantes para la manifestación de la enfermedad y el contenido de esclerocios en el suelo.

Conclusiones

La falta de humedad en el suelo afectó en gran medida el rendimiento de grano, la incidencia de la enfermedad y el número de esclerocios presentes en el suelo de *Macrophomina phaseolina*.

El mayor porcentaje de plantas enfermas se presentó en la localidad de Guanare, seguido por Apartaderos

little soil moisture was one of the more important factors for disease manifestation and the sclerotia contents in soil.

Conclusions

The lack of soil moisture affected the grain yield, the disease incidence and the sclerotia presents in soil of *Macrophomina phaseolina*.

The higher of disease plants percentage was presented in Guanare location followed by Apartaderos and Turen. Hybrids Criollo 26 and Himeca 600 behavior suggest tolerance and susceptibility to disease even though more evaluations about incidence and severity are recommended and artificial inoculations for proving or rejecting this behavior.

The higher sclerotia content was observed in Apartaderos in where the little moisture content in soil was registered at the end of cycle.

Recommendations

To increase the evaluations genotype-environment in the grain sorghum

To carry out inoculations that guarantee secures and uniforms infections for determining the resistance degree of grain sorghum crops and the effect of pathogen on plants.

To emphasizes about the importance of incorporating to strong seeds of genetic resistance to disease.

To carry out studies about the charcoal in the producer regions.

y Turén. El comportamiento de los híbridos Criollo 26 e Himeca 600 sugieren tolerancia y susceptibilidad a la enfermedad, aunque se recomiendan más evaluaciones de incidencia y severidad e inoculaciones artificiales para comprobar o rechazar tal comportamiento.

El mayor contenido de esclerocios se observó en la localidad de Apartaderos, donde se registró el menor contenido de humedad en el suelo al final del ciclo.

Recomendaciones

Aumentar las evaluaciones genotipo-ambiente en el sorgo granífero.

Realizar inoculaciones que garanticen infecciones seguras y uniformes, para determinar el grado de resistencia de los cultivares de sorgo granífero y el efecto del patógeno sobre las plantas.

Hacer incapié en la importancia de incorporar a las semillas fuentes de resistencia genética a la enfermedad.

Tomar en cuenta las recomendaciones de los estudios sobre la pudrición carbonosa en las zonas productoras.

Agradecimientos

Los autores agradecen al investigador Jesús Ávila por sus sugerencias en la redacción del manuscrito y al técnico Williams Aranguren por el procesamiento de las muestras de suelo en el Laboratorio de Micología del Posgrado de la Universidad

Acknowledgement

Authors want to express their thanks to researcher Jesus Avila by its suggestions in the paper redaction and to technician Williams Aranguren by the sampling soil processing at the Post-Graduate Mycology Laboratory de la Universidad Centrooccidental "Lisandro Alvarado", Barquisimeto, Lara state.

End of english version

Centrooccidental "Lisandro Alvarado", Barquisimeto, Estado Lara.

Literatura citada

1. Benacchio, S., R. Cañizales, M. Riccelli y W. Avilan. 1987. Zonificación agroecológica del cultivo del sorgo en el país. Fonaiap. Series C N: 140-02. Maracay, Venezuela, 44 p.
2. Bramel-Cox, P., S. Stein, D. Rodgers y L. Claflin. 1988. Inheritance of resistance to *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid and *Fusarium moniliforme* Sheldon in sorghum. *Crop Science* 28: 37-40.
3. Bramel-Cox, P. y L. Claflin. 1989. Selection for resistance to *Macrophomina phaseolina* and *Fusarium moniliforme* in sorghum. *Crop Science* 29: 1468-1472.
4. Bridge, S. y B. Spooner. 2001. Soil fungi: Diversity and detection. *Plant and Soil* 232:147-154.
5. Cloud, G. y J. Rupe. 1994. Influence of nitrogen, plant growth stage and environment on charcoal rot of grain sorghum caused by *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. *Plant and Soil* 158: 203-210.

6. Cook, G., M.G Boosalis, L. Dunkle y C. Odvody. 1973. Survival of *Macrophomina phaseolina* in corn and sorghum stalk residue. Plant Disease Report 57: 873-874.
7. De Bauer, M. 1984. Fitopatología. Ira Edición. Edit. Talleres de Programa Educativos. México. 519 p.
8. Diourte, M., J. Starr, M. Jeger, J. Stack y D. Rosenow. 1995. Charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*) resistance and the effects of water stress on diseases development in sorghum. Plant Pathology 44: 196-202.
9. Dhingra, O. y J. Sinclar. 1978. Biology and pathology of *Macrophomina phaseolina*. Monograf. Universidad Federal de Vicosa, Minas Gerais. Brazil: 166 p.
10. Duncan, R. 1984. The association of plant senescence with root and stalk diseases in sorghum. In: Mughogho, L.K, ed sorghum rot and stalk rots. Patancheru, India: 99-110.
11. Frederiksen, R. 1986. Compendium of sorghum diseases. American Phytopathological Society. 82 p.
12. González, R. 1999. Época adecuada de la siembra para el sorgo en Portuguesa. Fonaiap-Divulga. N° 63:63-65.
13. Hillocks, R. y J. Waller. 1997. Soilborne diseases of tropical crops:45-46.
14. Jiménez-Díaz, R., M. Blanco-Lopez y W. Sackston. 1983. Incidence and distribution of charcoal rot of sunflower caused by *Macrophomina phaseolina* in Spin. Plant Disease. 67:1033-1036.
15. Kendig, S. y J. Rupe. 2000. Effect of irrigation ad soil water stress on densities of *Macrophomina phaseolina* in soil and roots of two soybean cultivars. Plant Disease. 84:895-900.
16. Lodha, S. 1995. Soil solarization, summer irrigated and amendments for the control of *Fusarium oxysporum* fsp. Cumini and *Macrophomina phaseolina* in arid soil. Crop Protection. 14: 215-219.
17. Lodha, S., S. Sharma y R. Aggarwal. 1996. Solarization and natural heating of irrigated soil amended with cruciferous residues for improved control of *Macrophomina phaseolina*. Crop Protection. 16: 315-320.
18. Manici, L. 1995. Temperature responses of isolates of *Macrophomina phaseolina* from different climatic regions of sunflower production in Italy. Plant Disease. 79: 834-838.
19. McIntosh, M. 1983. Analysis of combined experiments. Agronomy Journal. 75:153-155
20. MENA, H. 1986. El cultivo del sorgo granifero: serie-paquetes tecnológicos N° 4-02. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias-Centro Nacional de Investigaciones. Maracay, Venezuela. 114 p.
21. Mihail, J., D. Joung y S. Alcorn. 1988. *Macrophomina phaseolina*: a plant pathogen of concern in arid lands. In whitehead EE, Hutchin CF, New York, USA: West View. Press: 1305-1310.
22. Odvody, G. y L. Dunkle. 1979. Charcoal stalk rot of sorghum: effect of environment on host-parasite relation. Phytopathology. 69: 250-254.
23. Olaya, G. y G. Abawi. 1996. Effect of water potential on mycelial growth and on production and germination of sclerotia of *Macrophomina phaseolina*. Plant Disease. 80:1347-1350.
24. Paliwal, R. 2001. El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. FAO: 61-174.

25. Pande, S., L. Mughogho y R. Karunakar. 1990. Effects of moisture stress, plant population density and pathogen inoculation on charcoal stalk rot of sorghum. *Annals of Applied Biology*. 116:221-232.
26. Pande, S., R. Karunakar y L. Mughogho. 1989. Etiology of stalk rot and lodging in grain sorghum. *International Crops Research. Inst for the semi-arid tropics. (ICRISAT.)* 12:117-137.
27. Pearson, C., A. Leslie and F. Schwenk. 1987. Host preference correlated with chlorate resistance in *Macrophomina phaseolina*. *Plant Disease*. 71:828-831.
28. Pineda, J. y J. Ávila. 1988. Alternativas para el control de *Macrophomina phaseolina* y *Fusarium oxysporum*, patógenos del ajonjolí. *Agronomía Tropical*. 38:79-84.
29. Pineda, J. 2001. Evaluación de métodos de aplicación de *Trichoderma harzianum* al suelo para el control de *Macrophomina phaseolina* en Ajonjolí. *Fitopatología Venezolana*. 14:314-34.
30. Pla, I. 1977. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problema de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. *Revista Facultad de Agronomía, UCV-Maracay*. Alcance N° 32, 94 p.
31. Quintero, R. 1982. Evaluación de 36 cultivares de sorgo ante al ataque de *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. *Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Trabajo de Ascenso*: 15-20.
32. Quintero, R. 1993. Comportamiento de 15 cultivares de sorgo ante *Macrophomina phaseolina*. Tesis de grado. *Universidad Central Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Lara*. 105 p.
33. Rosenow, D. 1980. Stalk rot resistance breeding in Texas. p. 306-314 *In: Sorghum diseases. A word review*. Eds. William R. Frederiksen R, Mughogho, L. *Intern Crops Research. Inst. for the semi-arid tropic. India*.
34. Russin, J., Carter y J. Griffin. 1995. Effects of grain sorghum herbicides on charcoal rot fungus. *Weed Technology*. 9:343-351.
35. Singh, S., Y. Nene y M. Reddy. 1990. Influence of cropping systems on *Macrophomina phaseolina* populations in soil. *Plant Disease*. 74:812-814.
36. Steel, R. y J. Torrie. 1990. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. Edit McGraw-Hill. Mexico. 622 p.
37. Watanabe, T., S. Smith y W. Sneydet. 1970. Population of *Macrophomina phaseolina* in soil as affected by fumigation and cropping. *Phytopatology*. 60:1717-1719