

Distribución vertical de esclerocios de *Macrophomina phaseolina* en un suelo infestado naturalmente en el estado Portuguesa

R. Cardona

INIA-Portuguesa Apdo. 102 estado Portuguesa Venezuela 3301-A.

Resumen

Se evaluó la distribución vertical de esclerocios de *M. phaseolina* y la influencia de los factores temperatura y humedad en un suelo infestado naturalmente. El ensayo se condujo en el Campo Experimental Turén adscrito al INIA-Portuguesa, en una parcela de 285 m² en un diseño de bloques al azar, donde los tratamientos fueron las profundidades (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm) y los bloques fueron las fechas de recolección de las muestras. La parcela fue sembrada en sucesión con los cultivos maíz-ajonjolí, realizando las evaluaciones en la época de escasa precipitación, 30 días después de emergidas las plántulas de ajonjolí y finalizaron en la etapa terminal de la floración; para lo cual se tomaron muestras de suelo con un barreno de 20 cm de altura y 10 cm de diámetro. En cada profundidad se tomaron 5 submuestras para conformar una de 250 g, se secaron al aire por 24 h en el laboratorio y se extrajeron los esclerocios por el método de flotación. Los análisis de regresión lineal para las tres profundidades mostraron una asociación negativa altamente significativa ($P < 0,01$) entre las variables humedad y cantidad de esclerocios y una asociación positiva altamente significativa ($P < 0,01$) entre las variables temperatura y contenido de esclerocios. El análisis de regresión lineal múltiple mostró una asociación altamente significativa ($P < 0,01$) entre las variables temperatura, humedad y contenido de esclerocios. Se determinó que a mayor profundidad la cantidad de esclerocios disminuye, el contenido de humedad aumenta y las diferencias entre las temperaturas máximas y mínimas disminuyen.

Palabras clave: pudrición carbonosa, temperatura, humedad, distribución.

Introducción

Macrophomina phaseolina (Tassi) Goid es un hongo habitante del suelo, causante de la enfermedad conocida como pudrición carbonosa.

Este hongo ha sido reportado afectando a más de 300 especies de plantas cultivadas (12). Hay evidencias suficientes de que *M. phaseolina* sobrevi-

ve en el suelo en forma de esclerocios, los cuales son producidos en los tejidos de la planta infectada (3, 5), que al ser incorporados al suelo incrementan y dispersan el inoculo primario (3, 6, 8). Observándose que los esclerocios pueden sobrevivir en el suelo por un tiempo de 3 meses a 3 años (4). *M. phaseolina* es un patógeno considerado capaz de diseminarse a través de la semilla, siendo este un vehículo eficiente de diseminación y fuente de inoculo (1).

La temperatura y los contenidos de humedad del suelo son dos factores abióticos fundamentales en la epidemiología de la enfermedad, que afectan la ecología y el crecimiento de *M. phaseolina* como patógeno y saprofito (2, 7).

Materiales y métodos

En el Campo Experimental Turén ubicado en la Colonia Agrícola Turén adscrito al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del Estado Portuguesa (INIA-Portuguesa), se seleccionó una parcela de 19 m x 15 m (285 m²) con suelo de textura franca, pH de 8,1 y naturalmente infestado con *M. phaseolina*.

Durante la época de lluvia la parcela se sembró con maíz (*Zea mays* L.) usando el sistema tradicional de la zona. Mientras que para el periodo de poca precipitación se sembró ajonjolí variedad Píritu a una distancia entre hileras de 0,6 m a chorro corrido. El manejo y las labores culturales se efectuaron de acuerdo al sistema tradicional que realizan los agricultores de la zona y las evaluaciones durante el ci-

En los suelos cultivados del estado Portuguesa, *M. phaseolina* se presenta con mucha frecuencia afectando a varios cultivos de la región, entre los cuales se encuentra el ajonjolí (*Sesamun indicum* L.), reportándose incidencias entre un 10 y 25%, lo que puede causar pérdidas hasta en un 10% en los rendimientos del cultivo (11).

Pocos trabajos se han realizado sobre la distribución vertical en el suelo de *M. phaseolina* y los factores que la afectan. El presente trabajo tuvo como objetivo el evaluar la distribución vertical del hongo, en un suelo infestado naturalmente y la influencia de los factores abióticos (temperatura y contenidos de humedad en el suelo) sobre el crecimiento de *M. phaseolina*.

clo del cultivo del ajonjolí.

El ensayo se estableció en un diseño de bloques al azar con tres tratamientos y siete repeticiones, donde los tratamientos fueron las profundidades (P): 0-5 cm, 5-10 cm y 10-20 cm y los bloques lo constituyeron las fechas de toma de muestras.

Las evaluaciones, para determinar el número de esclerocios/g de suelo (egs) de *M. phaseolina* a las diferentes profundidades, comenzaron a realizarse 30 después de emergidas las plántulas de ajonjolí (dde) y finalizaron al terminar la floración. La toma de muestras se realizó con un barreno de 20 cm de altura y 10 cm de diámetro.

Para cada profundidad se tomaron 5 sub-muestras al azar para con-

formar una sola de 250 g, la cual se llevó al laboratorio de Fitopatología del INIA-Portuguesa, se dejaron secar al aire durante 24 h y se maceraron en un mortero estéril para luego ser cernidas a través de una criba N° 60; del material cernido se tomaron 5 submuestras de 0,5 g cada una, extrayéndoles los esclerocios mediante el método de flotación de Watanabe *et al.* (15). A su vez se tomaron muestras de suelo en cada profundidad evaluada, para determinar el porcentaje de humedad

(% h) con base en el peso seco, secando el suelo en estufa a 110°C por 24 h. También se obtuvieron registros de temperaturas del suelo (TS) para cada profundidad en la estación meteorológica ubicada en el CET, a unos 200 m del sitio del ensayo.

Los datos obtenidos se procesaron mediante análisis de varianza, pruebas de medias y regresión lineal simple y múltiple, utilizando como variables independientes la TS y el % h (14).

Resultados y discusión

Número de esclerocios: La población de esclerocios de *M. phaseolina* fluctuó en el tiempo en la profundidad de 0-5 cm (P1) de 94,4 a 252,0 egs, en la de 5-10 cm (P2) de 49,2 a 227,2 y en la de 10-20 cm (P3) de 47,6 a 172,0 egs. El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos (profundidades) ($P < 0,01$; $CV = 16,48\%$), con el mayor número promedio de esclerocios en la P1 (80,34 egs), seguida de la P2 (60,31 egs) y la P3 (53,63 egs) (cuadro 1).

Humedad del suelo: El % h para cada profundidad fluctuó de la si-

guiente forma, P1 de 35,8% a 8,1%; P2 de 37,7% a 12,0% y a P3 de 34,41% a 15,23%. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los contenidos de humedad de los tratamientos ($P < 0,01$; $CV = 10,56\%$), con el mayor % h promedio en la P3 (23,64%), luego la P2 (23,13%) y el menor % h promedio en la P1 (21,16%) (cuadro 2).

Temperatura del suelo: Las temperaturas del suelo fluctuaron para cada profundidad de la siguiente manera, P1 entre 26,2°C y 31,7°C; P2 de 27,0°C a 30,7°C y a la P3 entre 27,8°C

Cuadro 1. Número de esclerocios.g de suelo⁻¹ de *M. phaseolina* en tres profundidades de suelo cultivado con ajonjolí.

Profundidad	Esclerocios.g de suelo ⁻¹
0-5 cm	80,34 ^{a2}
5-10 cm	60,31 ^b
10-20 cm	53,63 ^b

1 = Promedio calculado con base a siete repeticiones

2 = Valores con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan ($P < 0,01$), $CV = 16,5\%$

Cuadro 2. Porcentaje de humedad del suelo en tres profundidades de suelo cultivado con ajonjolí.

Profundidad	Porcentaje de humedad ¹
0-5 cm	21,16 ^{b2}
5-10 cm	23,31 ^{ab}
10-20 cm	23,64 ^a

1 = Promedio calculado con base a siete repeticiones

2 = Valores con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan ($P < 0,01$), $CV = 10,6\%$

y 30,6°C. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre las temperaturas promedio en los tratamientos, pero al analizar la variación de la temperatura del suelo registrada en las fechas de muestreo, el análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas ($P < 0,01$; $CV = 3,74\%$) y la prueba de medias señala que la mayor variación (TS máxima - TS mínima) ocurrió en la P1 (5°C) seguido por la P2 (1,82°C) y por último la P3 (0,51°C) (cuadro 3).

Regresión y correlación lineal: Las variables % h y egs mostraron una regresión lineal negativa altamente significativa:

P1 ($P < 0,01$); $r = -0,923$; $R^2 =$

0,8519; $Y = 276,914 - 5,493 X$

P2 ($P < 0,01$); $r = -0,935$; $R^2 = 0,8740$; $Y = 279,180 - 6,856 X$

P3 ($P < 0,01$); $r = -0,936$; $R^2 = 0,8760$; $Y = 284,516 - 7,412 X$.

El análisis para las diferencias entre las regresiones lineales para las variables % h y egs mostraron diferencias significativas con respecto al contenido de esclerocios.g de suelo⁻¹, pero no mostraron diferencias estadísticas entre los ángulos de las rectas obtenidas para cada profundidad lo que indicó que tenían la misma pendiente.

Las variables TS y egs mostraron una regresión lineal positiva altamente significativa:

Cuadro 3. Variación de la temperatura del suelo en tres profundidades de suelo cultivado con ajonjolí.

Profundidad	Variación de la temperatura (°C) ¹
0-5 cm	5,00 ^{a2}
5-10 cm	1,82 ^b
10-20 cm	0,51 ^c

1 = Promedio calculado con base a siete repeticiones

2 = Valores con la misma letra son iguales estadísticamente de acuerdo a la prueba de rangos múltiples de Duncan ($P < 0,01$). $CV = 3,74\%$

P1 ($P < 0,01$); $r = 0,949$; $R^2 = 0,9010$; $Y = 529,745 + 23,926X$

P2 ($P < 0,01$); $r = 0,954$; $R^2 = 0,9110$; $Y = 1083,473 + 41,892X$

P3 ($P < 0,01$); $r = 0,943$; $R^2 = 0,8892$; $Y = 1356,180 + 50,290X$

El análisis para comparar las regresiones lineales para las variables TS y egs entre las profundidades mostraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) tanto para la posición como para el ángulo de las rectas lo que significa que las rectas son diferentes, de mostrando que la fluctuaciones de las temperaturas en el suelo afectan de manera significativa las poblaciones de *M. phaseolina* en el suelo.

Regresión múltiple: El análisis de regresión múltiple mostró una asociación altamente significativa entre las variables % h, TS y egs:

P1 ($P < 0,01$); $r = 0,9778$; $R^2 = 0,950$; $Y = -292,8361 - 1,7563 X_1 + 1,7004 X_2$

P2 ($P < 0,01$); $r = 0,9788$; $R^2 = 0,958$; $Y = -670,3426 - 2,2176 X_1 + 2,9303 X_2$

P3 ($P < 0,01$); $r = 0,9883$; $R^2 = 0,966$; $Y = -627,2843 - 3,6772 X_1 + 2,8260 X_2$

Los resultados obtenidos mostraron la misma tendencia que los reportados para esa misma localidad (CET) (2), en lo referente a la influencia que tuvieron las variables independientes humedad y temperatura del suelo sobre la variable dependiente número de esclerocios.g de suelo⁻¹ figura 1 y 2. Para cada profundidad evaluada se observó una alta correlación positiva entre la variable número de esclerocios y temperatura del suelo mientras que las variables número de esclerocios y porcentaje de

humedad del suelo mostraron una alta correlación negativa.

Se observó que en la medida que se profundiza en el suelo decrece el número de esclerocios de *M. phaseolina*, mientras que el porcentaje de humedad del suelo se incrementa y las diferencia entre la temperatura máxima y mínima disminuye.

Al comparar cada una de las líneas de regresión entre si, cuando la variable independiente fue porcentaje de humedad y la variable independiente fue número de esclerocios, no se observaron diferencias entre los ángulos de las rectas, es decir, tuvieron la misma pendiente, pero sin diferencias estadísticas significativas entre la cantidad de esclerocios, mostrando ésto que al aumentar el contenido de humedad del suelo disminuyó el número de esclerocios.

Mientras que para las líneas de regresión, con respecto a las variables temperatura del suelo y número de esclerocios, hubo diferencias estadísticas altamente significativas entre los contenidos de esclerocios y las pendientes de las rectas. Observando que al aumentar la diferencia entre la temperatura máxima y mínima hubo un mayor crecimiento del hongo reflejado en el incremento en el número de esclerocios.

La variable temperatura ha sido señalada como un factor importante en el desarrollo de *M. phaseolina*, observándose mayor desarrollo del hongo cuando fue sometido a fluctuaciones de temperatura en comparación con condiciones de temperatura constante (5).

M. phaseolina es un hongo habitante del suelo que tiene la capaci-

dad de crecer vegetativamente y producir gran cantidad de esclerocios sobre tejido vegetal en condiciones de bajos potenciales hídricos (-1.880 J kg^{-1}) (10) y mantener en un 100% viables sus esclerocios en suelos secados al aire, tanto pasteurizados como natural (9), lo cual demuestra la gran capacidad de sobre vivencia de *M. phaseolina* en suelos secos.

Así mismo se ha reportado con relación a la profundidad en el suelo, la existencia de mayor número de

esclerocios de 0 a 7,5 cm que entre 7,5 y 15 cm (12), y menor fluctuación del número de esclerocios a profundidades de 10-20 cm, que a la profundidad de 0-5 cm, encontrándose una relación inversamente proporcional entre la profundidad y la rapidez con la cual el máximo número de esclerocios se desarrollo (13). En cuanto a la incidencia del daño causado por *M. phaseolina* en la planta, este fue mayor en profundidades entre 0 y 5 cm y con temperaturas que oscilaron entre 28 y 30°C (8), lo que ocurre en

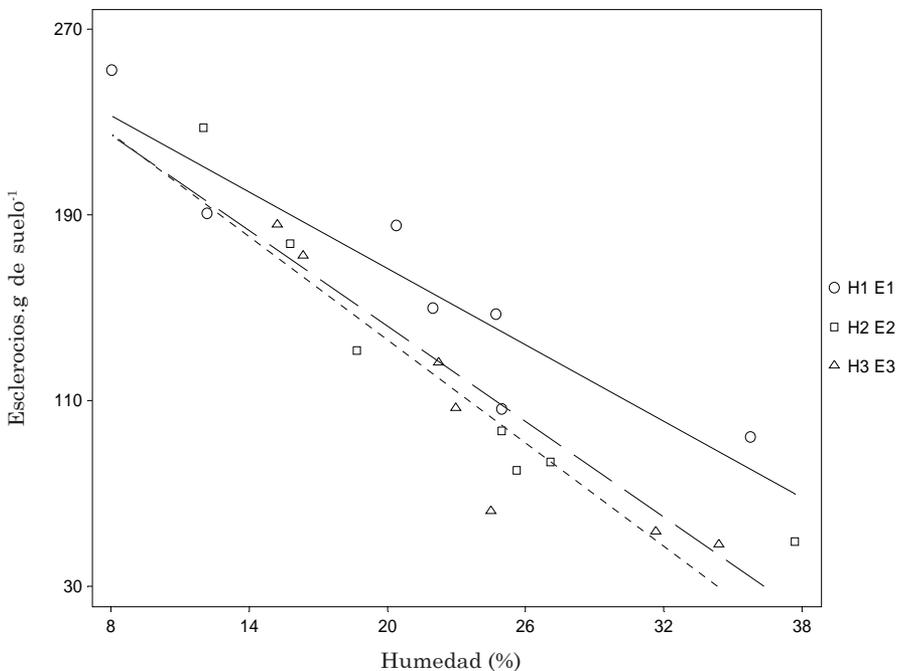


Figura 1. Regresión lineal entre el porcentaje (%) de humedad del suelo y el número de esclerocios.g de suelo⁻¹ para las tres profundidades evaluadas, en el campo experimental Turen. E1 = Esclerocios de 0 a 5 cm de profundidad. E2= Esclerocios 5–10 cm de profundidad. E3 = Esclerocios de 10 a 20 cm de profundidad. H1 = Temperatura de 0 a 5 cm de profundidad. H2 = Temperatura de 5 a 10 cm de profundidad. H3 = temperatura de 10 a 20 cm de profundidad.

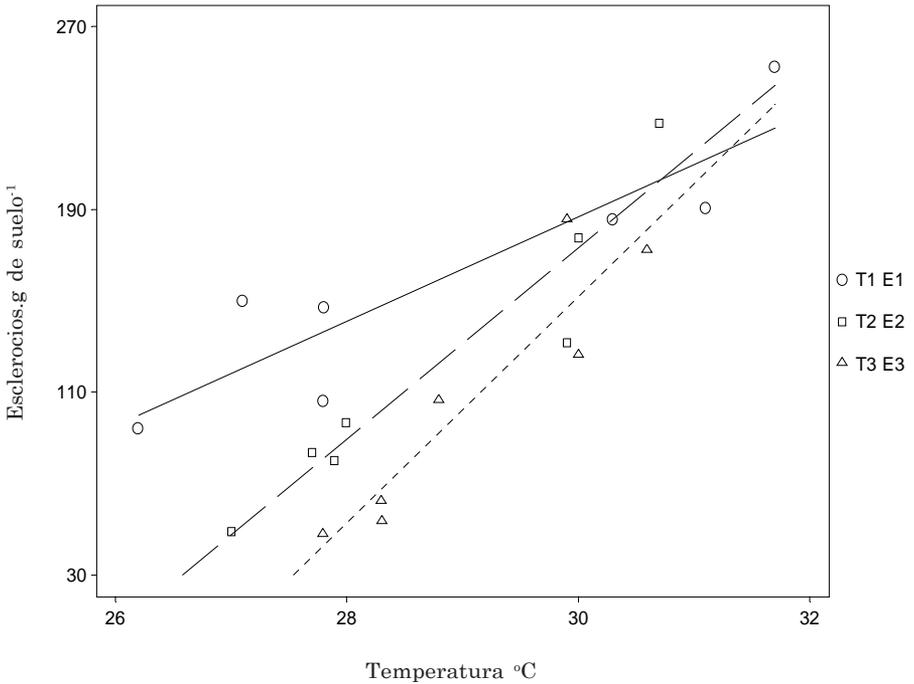


Figura 2. Regresión lineal entre la temperatura del suelo y el número de esclerocios.g de suelo⁻¹ para las tres profundidades evaluadas, en el campo experimental Turen. E1 = Esclerocios de 0 a 5 cm de profundidad. E2= Esclerocios de 5 a10 cm de profundidad. E3 = Esclerocios de 10 a20 cm de profundidad. T1= Temperatura de 0 a 5 cm de profundidad. T2= Temperatura de 5 a 10 cm de profundidad. T3 = temperatura de 10 a 20 cm de profundidad.

las zonas del suelo donde se agota el agua con mas facilidad debido a la alta evapotranspiración, además de darse la temperatura mas favorable para el crecimiento de *M. phaseolina* (5). Todas estas observaciones concuerdan con los

resultados obtenidos en este trabajo, donde se refleja que los mayores contenidos de esclerocios, la mayor fluctuación de la temperatura y el menor contenido de humedad ocurren en el suelo a profundidades de 0 a 5 cm.

Conclusión

M. phaseolina bajo las condiciones de estudio presentó mayor crecimiento en condiciones de bajo porcentaje de humedad (8%) y temperatu-

ras entre 28 y 32°C, encontrándose esclerocios hasta 20 cm de profundidad en el suelo. Se demostró que hubo una alta correlación entre los facto-

res temperatura, contenido de humedad y el número de esclerocios.g de suelo¹. Estos dos factores abióticos podrían explicar la epifita del hongo

en áreas caracterizadas por condiciones de alta temperatura y condiciones de sequía.

Literatura citada

1. Abawi, G.S. y M.A. Pastor-Corrales. 1990. Seed transmission and effect of fungicide seed treatments against *Macrophomina phaseolina* in dry edible beans. Turrialba 40: 334-339.
2. Cardona R., H. Rodríguez y H. Nass. 1998. Dinámica poblacional de microesclerocios de *Macrophomina phaseolina* en un suelo naturalmente infestado y bajo rotación de cultivo. Fitopatol. Venez. 11:23-26.
3. Cook, G.E., M.G. Boosalis, L.D. Dunkle, y G.N. Odvody. 1973. Survival of *Macrophomina phaseolina* in corn and sorghum stalk residue. Plant Dis. Rept. 57:873-875.
4. Dingra, O.D. y J.B. Sinclair. 1977. An annotated bibliography of *Macrophomina phaseolina* 1905-1975. Universidade Federal de Viscosa, Minas Gerais, Brasil. 244 p.
5. Dingra O.D. y J.B. Sinclair. 1978. Biology and pathology of *Macrophomina phaseolina*. Universidade de Vicoso, Vicoso Brasil 166 p.
6. Franel L.J., T.D. Willie y S.M. Rosembrok. 1988. Influence of crop rotation on population density of *Macrophomina phaseolina* in soil infested with *Heterodera glycine*. Plant Dis. 72:760-764.
7. Liddle, C.M. 1992. Measurement and control of soil temperature and water potential p. 187-203. En L.L. Singleton; J.D. Mihail; y C.M. Rush. Methods of research on soil borne phytopathogenic fungi. American Phytopathological Society, St Paul MN.
8. Mihail, J.D. 1989. *Macrophomina phaseolina* spatio temporal dynamics of inoculums and of disease in highly susceptible crops. Phytopathology 79:848-8559.
9. Oyala, G. y G. Abawi. 1996. Influence of water potential on survivals of sclerotia in soil and colonization of bean segments by *Macrophomina phaseolina*. Plant Dis. 80:1347-1350.
10. Oyala, G. y G. Abawi. 1996. Effect of water potential on mycelial growth and production and germination of sclerotia *Macrophomina phaseolina*. Plant Dis. 80:1351-1354.
11. Pineda, J. 2002. Enfermedades del ajonjolí. Algunas medidas de control p. 36-48. En: II curso sobre producción de ajonjolí, soya y otras leguminosas. Edit. Asoportuguesa, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado e Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).
12. Reicher, Y. y E. Hellinger. 1947. On the occurrence, morphology and parasitism of *Sclerotia bataticola*. Palest. J. Bot. 6:107-147.
13. Short, G.E., T.D. Wyllie y P.R. Bristow. 1980. Survival of *Macrophomina phaseolina* in soil and residue of soybean. Phytopathology 70:13-16.
14. Thomas, M.L. y F. Jakson. 1979. Métodos estadísticos para la investigación agrícola. Edit. Trillas. México. 270 pp.
15. Watanabe, T., R. S. Smith y W. C. Snider. 1970. Population of *Macrophomina phaseolina* as affected by fumigation and cropping. Phytopathology 68:1656-1661.