

INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE LA MANCHA DE HIERRO EN PLÁNTULAS DE *Coffea arabica* EN DIFERENTES CONDICIONES DE NUTRICIÓN¹

Homero Gonzalo Rengifo-Guzmán* ; Jairo Eduardo Leguizamón-Caycedo** ;
Néstor Miguel Riaño-Herrera***

RESUMEN

RENGIFO G., H.G.; LEGUIZAMÓN C., J.E.; RIAÑO H., N.M. Incidencia y severidad de la mancha de hierro en plántulas de *Coffea arabica* en diferentes condiciones de nutrición. Cenicafé 57(3): 232-242. 2006.

En plántulas de *Coffea arabica* var. Colombia se determinó la incidencia y la severidad de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*), según el estado nutricional, previa evaluación de la concentración del inóculo y el método de inoculación. Se trasplantaron las chapolas de café a bandejas plásticas con solución de Hoagland en concentraciones de 0, 25, 50, 75 y 100%, y después de 83 días se inocularon con el aislamiento patogénico Cc9902. Se utilizó un diseño completamente aleatorio y la unidad experimental estuvo constituida por seis plantas organizadas en una bandeja, con cinco repeticiones por tratamiento. La incidencia correspondió al porcentaje de hojas enfermas con respecto a las inoculadas, mientras que la severidad se determinó por el número de lesiones por hoja. Las mejores inoculaciones se obtuvieron con aspersiones de *C. coffeicola* dirigidas al envés de las hojas con $1,58 \times 10^7$ unidades formadoras de colonia (UFC)/mL. Tanto la incidencia como la severidad fueron significativamente mayores en las plantas que crecieron en las concentraciones menores al 100%. Por su parte, el período de incubación fue de 28 días en las plantas que crecieron en concentraciones superiores al 50% de la solución de Hoagland. Las hojas jóvenes fueron estadísticamente más susceptibles que las de mayor edad.

Palabras clave: Café, nutrición mineral, mancha de hierro, cultivos hidropónicos.

ABSTRACT

In plantlets of *Coffea arabica* cv. Colombia, the incidence and severity of the iron spot disease (*Cercospora coffeicola*) were determined according to the nutritional state, evaluating first the inoculum concentration and the inoculation method. Coffee seedlings were transplanted to plastic trays with 0, 25, 50, 75 and 100% of the full strength Hoagland solution, and after 83 days were inoculated with the pathogenic isolate Cc9902. A completely random design was used and the experiment unit consisted of six plants per tray, with five replicates per treatment. Incidence corresponded to the percentage of diseased leaves of the total inoculated, while severity was determined by the number of lesions per leaf. The best inoculations were obtained by spraying *C. coffeicola* to the back of the leaf at $1,58 \times 10^7$ colony forming units (CFU)/mL. Both incidence and severity were significantly greater in plants grown at any concentration below 100%. On the other hand, the incubation period was 28 days for plants growing at concentrations above 50% of Hoagland's solution. Young leaves were statistically more susceptible than the older ones.

Keywords: Coffee, mineral nutrition, iron spot, hydroponic cultures.

¹ Fragmento de la tesis "Efecto del suministro de nutrimentos sobre la incidencia y severidad de la mancha de hierro, *Cercospora coffeicola*, en plantas de almácigo de café" presentado a la Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira, para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

* Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

** Investigador Principal I, hasta el año 2000. Fitopatología. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

*** Investigador Científico III. Fisiología Vegetal. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Los nutrimentos minerales son constituyentes esenciales que tienen un papel determinante en el desarrollo de las enfermedades, que potencian la resistencia o la susceptibilidad de la planta o afectan la virulencia y la capacidad de supervivencia de los patógenos (16).

En la zona cafetera colombiana, la mancha de hierro, enfermedad causada por el hongo *Cercospora coffeicola* Berk. y Cooke, ataca hojas y frutos del café en todos los estados de desarrollo con alta incidencia y severidad. En la etapa de almácigo puede causar defoliación de la planta hasta del 90% y en plantaciones a libre exposición solar y con limitación en la disponibilidad de nutrimentos, puede causar pérdidas hasta del 30% en la cosecha, debido al incremento del café pasilla (4).

Las investigaciones para determinar la relación entre el estado nutricional del café y la mancha de hierro indican que un adecuado suministro de nutrimentos disminuye el efecto de la enfermedad (1, 3, 4, 9, 11, 12, 13, 14, 21, 23, 25). Sin embargo, es necesario profundizar en esta relación y determinar si hay efecto de la cantidad de nutrimentos suministrados en forma balanceada sobre la habilidad de la planta para resistir el ataque y la capacidad del patógeno para establecerse.

Este trabajo, en primera instancia determinó la concentración adecuada del inóculo en términos de unidades formadoras de colonias por unidad de volumen (UFC/mL) y su forma de aplicación. Posteriormente, se determinaron la incidencia y la severidad del patógeno, de acuerdo con el suministro de nutrimentos bajo condiciones de crecimiento de la planta en solución nutritiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el laboratorio y en la casa de malla de la Disciplina de Fitopatología del Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé, Planalto (Chinchiná, Caldas, Colombia), ubicado a 4°58'N, 75° 04'W y 1.425m de altitud.

Producción de plantas de café (*Coffea arabica* L. c.v. Colombia). Semillas de *Coffea arabica* L. cv. Colombia germinaron en arena de río lavada, de acuerdo con la metodología establecida por Cenicafé (20). Cuando las plántulas (chapolas) desarrollaron el par de hojas cotiledonares se seleccionaron por su vigor y homogeneidad.

En láminas de icopor de 0,33 x 0,30 x 0,01m se hicieron 15 perforaciones con un sacabocados de 0,01m de diámetro, y en cada orificio se colocó una plántula que se acunó con el mismo material.

Las plántulas se colocaron sobre bandejas plásticas de 0,33 x 0,30 x 0,20m, que contenían 5L de solución completa de Hoagland al 25%, modificada por Epstein (10). Una vez las raíces de las plantas quedaron sumergidas en la solución se colocó plástico negro calibre 2 para cubrir las láminas y las bandejas, y evitar el ingreso de la radiación solar y la proliferación de algas en el medio nutritivo. La solución se mantuvo permanentemente aireada con la ayuda de bombas para acuario marca ELITE 802 (Figura 1). Durante los primeros 30 días, todas las plantas permanecieron bajo polisombra, la cual se retiró gradualmente. A los 53 días después de colocadas las plantas en las bandejas, se aumentó al 50% de concentración la solución nutritiva. La solución se renovó cada 25 días y cada 15 días se lavaron las hojas de las plántulas con agua, con el fin de eliminar exudados



Figura 1. Establecimiento de plántulas de *Coffea arabica* L. cv. Colombia en un sistema hidropónico con soluciones nutritivas.

que favorecieran la proliferación de insectos, ácaros y hongos indeseables.

Determinación de la concentración de inóculo de *Cercospora coffeicola*. A los 76 días después del trasplante, se tomaron seis plantas por bandeja y se inocularon los dos primeros pares de hojas por el envés con el aislamiento patogénico Cc9902 (Maracay, Quindío), colocando seis gotas de 5µL alrededor de la nervadura central. Se evaluaron las concentraciones de inóculo de $1,58 \times 10^7$, $1,58 \times 10^6$, $1,58 \times 10^5$ y $1,58 \times 10^4$ UFC/mL. La obtención y el incremento del inóculo se llevó a cabo en el medio CAA (Extracto de hojas de café - Harina de avena - Agar), donde se obtuvieron 20g de micelio y esporas (23).

Las variables de respuesta: porcentaje de hojas enfermas (PHE) y número de manchas por hoja (MAN) se midieron a los 19, 25 y 40 días después de la inoculación.

Determinación del método de inoculación. Se utilizaron plantas jóvenes de café de 110 días, obtenidas y mantenidas de la misma forma descrita anteriormente. Los dos primeros pares de hojas se inocularon por el haz o por el envés con $3,9 \times 10^7$ UFC/mL del inóculo Cc9902, de acuerdo con los siguientes métodos:

a- A cada lado de la nervadura central se colocaron tres gotas con 5µL del inóculo.

b- Se elaboró en plástico calibre 16 un molde con cuatro aberturas de 1,0 x 0,5cm cada una. La abertura se superpuso en la hoja y con el aspersor Devilbis, a 12cm de distancia y a 1,05 PSI, se asperjó el área.

c- Aspersión total de las hojas con el aspersor Devilbis a 1,05 PSI y a 12cm de distancia.

Las plantas inoculadas se llevaron en sus respectivas bandejas a cámara húmeda por 30 horas bajo oscuridad. Posteriormente, se dejaron secar a la sombra y se llevaron a la casa de malla para el registro de los resultados a los 19, los 25 y los 40 días después de la inoculación.

Efecto del suministro de nutrimentos sobre el desarrollo, la incidencia y la severidad de *C. coffeicola*. La totalidad de las plantas se mantuvieron en solución completa de Hoagland al 25%, hasta el momento en que se aplicaron los tratamientos (Tabla 1). La inoculación de todos los tratamientos se llevó a cabo el día 83 luego del traslado de las plántulas a las bandejas, en los dos pares de hojas completamente expandidos del ápice hacia la base; el primer par correspondió a hojas jóvenes y el segundo a hojas maduras, mediante aspersión total dirigida al envés con el aislamiento Cc9902 y una concentración de inóculo $1,58 \times 10^7$ UFC/mL.

Los tratamientos se aplicaron de la siguiente forma:

a. Diez bandejas con 15 plántulas cada una (150 plántulas en total) permanecieron en solución de Hoagland del 25% por 83 días, momento en el cual se inocularon y se colocaron en cámara húmeda por 30 horas en completa oscuridad. Posteriormente, se

Tabla 1. Concentración de macro y micronutrientes en la solución nutritiva, para diferentes concentraciones.

Concentración (%)	Macronutrientes: mM						Micronutrientes: μ M						
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	B	Mn	Zn	Cu	Mo	Fe
10	8	1	3	2	0,5	0,5	25	12,5	1,0	1,0	0,25	0,25	10,0
75	6	0,75	1,75	1,5	0,375	0,375	18,75	9,375	0,75	0,75	0,1875	0,1875	7,5
50	4	0,5	1,5	1	0,25	0,25	12,5	6,25	0,5	0,5	0,125	0,125	5,0
25	2	0,25	0,75	0,5	0,125	0,125	6,25	3,125	0,25	0,25	0,0625	0,0625	2,5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

secaron a la sombra y al día 85 se llevaron a la casa de malla y se colocaron seis plántulas por bandeja y cinco bandejas por tratamiento, y se adicionaron las soluciones nutritivas que se muestran en la Tabla 1. La concentración de 0% fue agua desionizada. Para todos los tratamientos los resultados se registraron a los 14, 21 y 28 días después de la inoculación.

b. Diez bandejas con 15 plántulas cada una, permanecieron en solución de Hoagland del 25% por 75 días. Posteriormente, se cambiaron cinco bandejas con seis plántulas por tratamiento a las concentraciones nutritivas que se especifican en la Tabla 1. El día 83 las plántulas se inocularon, después se llevaron a cámara húmeda por 30 horas, se secaron a la sombra y se llevaron a casa de malla para el registro de los resultados.

c. Diez bandejas con 15 plántulas cada una, permanecieron en solución de Hoagland del 25% hasta el día 62, después se colocaron en solución de Hoagland del 10% hasta el día 83, momento en que se inocularon. El día 85, cinco bandejas con seis plántulas por tratamiento se cambiaron a las concentraciones nutritivas que se especifican en la Tabla 1, y se llevaron a casa de malla para el registro de resultados.

d. Diez bandejas con 15 plántulas cada una, permanecieron en solución de Hoagland del

25% hasta el día 62, después se colocaron en solución de Hoagland del 10% hasta el día 75, momento en el cual cinco bandejas con seis plántulas por tratamiento, se cambiaron a las soluciones anotadas en la Tabla 1. El día 83 se inocularon y continuaron en las soluciones anotadas y se registraron los resultados a los 14, 21 y 28 días luego de la inoculación.

Diseño experimental. Los tratamientos se distribuyeron en la casa de malla, bajo un diseño completamente aleatorio. La unidad experimental estuvo constituida por seis plantas de 83 días de edad organizadas en una bandeja y cinco repeticiones por tratamiento. Se evaluó mediante un análisis combinado de varianza con el 0,05 de significancia, el efecto de la disponibilidad de los nutrientes sobre las variables de respuesta (PHE y MAN), y en caso de existir diferencia de las medias de tratamientos, se usó la prueba de Tukey ($p = 0,05$), para comparar sus promedios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la concentración de inóculo. Los promedios del porcentaje de hojas enfermas (PHE) y el número de manchas (MAN) más bajos (0,69% y 0,02, respectivamente), se obtuvieron con $1,58 \times 10^4$ UFC/mL, en las tres fechas de evaluación

(Tabla 2). Los valores más altos se observaron con la concentración de $1,58 \times 10^7$, a los 40 días después de la inoculación, momento en el cual se observaron los síntomas típicos del ataque del patógeno. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Leguizamón (19), quien evaluó cinco aislamientos de diferente procedencia y encontró la máxima infección 42 días después de la inoculación. El porcentaje de hojas enfermas (PHE) y el número de manchas por hoja (MAN) mostraron una tendencia creciente, ya que ésta aumenta a medida que se incrementa la concentración del inóculo. Para el caso de la concentración $1,58 \times 10^6$ UFC/mL, la disminución en los valores puede estar asociada con fallas en la inoculación, al momento de colocar las gotas sobre las hojas.

El análisis de varianza mostró diferencia significativa entre las concentraciones del inóculo para las variables de respuesta. La comparación de medias mostró para los 40 días después de la inoculación, el mayor porcentaje de hojas enfermas (29,66%) y número de manchas por hoja (1,66).

Leguizamón (19), al evaluar la patogenicidad mediante la inoculación por gota obtuvo resultados satisfactorios con 5×10^4 UFC/mL sobre hojas desprendidas de *C. arabica* L.

cv. Caturra; sin embargo, no contaba con una concentración estándar que garantizara resultados confiables para la inoculación de hojas prendidas a la planta. Al seguir la recomendación de Castaño (4) acerca de la evaluación de la enfermedad, en la cual es más importante el número de manchas por hoja que su tamaño, los resultados indican que la concentración de $1,58 \times 10^7$ UFC/mL es la más apropiada para estudios con este hongo.

Determinación del método de inoculación.

Para los tiempos de evaluación correspondientes a los 25 y 40 días, los valores de inoculación fueron superiores por el envés de la hoja, debido a que ésta es del tipo hipoestomática (26), es decir que la mayor cantidad de los estomas se encuentra por el envés y facilitan la penetración del patógeno. Sin embargo, se observa que el patógeno penetra por las dos superficies, lo cual concuerda con lo observado por López y Fernández (21). El porcentaje de hojas enfermas (PHE) a los 40 días, no mostró diferencias estadísticas entre los diferentes métodos de inoculación, ni para la haz ni para el envés, en tanto que el número de manchas por hoja (MAN) mostró diferencias entre los métodos, con los mayores valores en la aspersión total (Tabla 3). Lo anterior puede relacionarse al hecho

Tabla 2. Porcentaje de hojas enfermas (PHE) y número de manchas (MAN) en plántulas de *C. arabica* L. cv. Colombia, que crecían en solución de Hoagland del 50% e inoculados con cuatro concentraciones del aislamiento Cc9902.

Concentración del inóculo	Días después de la inoculación					
	19		25		40	
	PHA	MAN	PHE	MAN	PHE	MAN
$1,58 \times 10^4$	0,69 c	0,02 c	0,69 c	0,02 c	0,69 c	0,02 c
$1,58 \times 10^5$	8,33 b	0,38 b	9,02 b	0,41 b	14,58 b	0,69 b
$1,58 \times 10^6$	2,77 c	0,11 c	2,77 c	0,16 c	11,11 b	0,72 b
$1,58 \times 10^7$	15,13 a	0,97 a	22,91 a	1,47 a	29,66 a	1,66 a

Valores con la letras distintas indican diferencia estadística según la prueba Tukey al 5%.

que la aspersión total tiene mayor superficie de cubrimiento con una mejor distribución del inóculo y el tamaño pequeño de la gota permite el contacto directo con los sitios de entrada (estomas o cutícula), y facilita su rápida penetración al disminuir la tensión superficial, el efecto de la gravedad y la competencia entre las fuentes de inóculo.

De acuerdo con los anteriores resultados, se determinó una concentración del inóculo $1,58 \times 10^7$ UFC/mL con el aislamiento Cc9902, mediante aspersión total dirigida al envés de las hojas, en plántulas de 83 días, con dos pares de hojas totalmente expandidas del ápice hacia la base.

Efecto del suministro de nutrimentos sobre el desarrollo, la incidencia y la severidad de la enfermedad. La enfermedad en términos del porcentaje de hojas enfermas aumentó con el tiempo, y aquellas con nutrición deficiente tuvieron los porcentajes más altos, y las más susceptibles al patógeno fueron aquellas de menor edad (primer par) en todos los tratamientos (Tabla 4 y Figura 2), lo cual puede estar asociado con la inmadurez

estructural de los tejidos que facilita la penetración del hongo.

Se encontró que el período de incubación (PI) en las hojas del primer par fue de 21 días mientras que para las hojas del segundo par, éste fue de 28 días. Las plantas que estuvieron en agua desionizada (concentración = 0), antes y después de la inoculación, tuvieron los valores más altos en la variable de respuesta, y 28 días después de inoculación todas las plantas presentaron síntomas de la enfermedad. En las plantas con suministro de solución nutritiva de 75 y 100%, luego de permanecer en solución nutritiva del 25% (a y b), no mostraron lesiones en las hojas del segundo par al final de la evaluación. Estos resultados son consistentes con los presentados por Huber (16), quien afirma que plantas bien nutridas y con diferentes grados de tolerancia o susceptibilidad al ataque de un patógeno están mejor preparadas para su defensa, a través de la expresión de mecanismos físicos y químicos. De igual forma, plantas mal nutridas pueden perder su tolerancia e incrementar su susceptibilidad.

Tabla 3. Porcentaje de hojas enfermas (PHE) y número de manchas por hoja (MAN) en hojas de plántulas de *C. arabica* L. cv. Colombia causados por *Cercospora coffeicola*, aislamiento Cc9902, inoculados por gota, área y aspersión total.

Días después de la inoculación	Variable de respuesta	Método de inoculación					
		Haz			Envés		
		Gota	Área	Total	Gota	Área	Total
19	PHE	5,0 a*	7,50 a*	0,66 b*	14,16 a	1,66 b	0,0
	MAN	0,23 a	0,30 a	1,13 b	0,76 a	0,66 b	0,0
25	PHE	20,0 a	11,66 b	6,66 b	20,0 a	23,33 a	14,16 b
	MAN	1,16 a	0,63 b	0,76 b	1,36 a	2,93 b	3,60 b
40	PHE	25,83 a	25,00 a	26,66 a	35,00 a	3,33 a	36,66 a
	MAN	2,03 a	6,67 b	11,40 c	2,80 a	33,26 b	53,43 c

*Promedios con letras distintas en la línea para la posición de inoculación, indican diferencias estadísticas según la prueba de Tukey al 5%.

Tabla 4. Porcentaje de hojas enfermas (PHE) causados por *Cercospora coffeicola*, aislamiento Cc9902, en plántulas de *Coffea arabica* L. cv. Colombia sembradas en diferentes concentraciones de la solución de Hoagland.

Descripción de los tratamientos							Porcentaje de hojas enfermas (PHE) Días después de la inoculación					
Trat.	Forma de aplicación	Concent. Inicial	Concent. Intemed.	DDS ¹ aplicación	DDS ² inoculación	Concent. Final	14		21		28	
							1 ^{er} Par	2 ^o Par	1 ^{er} Par	2 ^o Par	1 ^{er} Par	2 ^o Par
1	a	25	25	-		0	20	0	90	23,3	100	63,3
2	a	25	25	-	83	25	6,6	0	50	0	86,6	16,6
3	a	25	25	-	83	50	13,3	0	36,6	0	63,3	13,3
4	a	25	25	-	83	75	0	0	23,3	0	76,6	0
5	a	25	25	-	83	100	6,6	0	30	0	60	0
6	b	25	0	75	83	0	3,3	0	76,6	16,6	86,6	3,3
7	b	25	25	75	83	25	3,3	0	36,6	36,3	86,6	16,6
8	b	25	50	75	83	50	3,3	0	26,6	0	53,3	3,3
9	b	25	75	75	83	75	0	0	30	0	70	0
10	b	25	100	75	83	100	0	0	13,3	0	46,6	0
11	c	25	10	62	83	0	6,6	0	63,3	0	83,3	40
12	c	25	10	62	83	25	10	0	73,3	6,6	100	56,6
13	c	25	10	62	83	50	3,3	0	50	0	73,3	20
14	c	25	10	62	83	75	0	0	16,6	0	53,3	0
15	c	25	10	62	83	100	0	0	33,3	0	73,3	13,3
16	d	25	10	62	83	0	33,3	0	100	46,6	100	90
17	d	25	10	62	83	25	3,3	0	66,6	0	90	40
18	d	25	10	62	83	50	3,3	0	66,6	3,3	86,6	13,3
19	d	25	10	62	83	75	6,6	0	60	0	86,6	6,6
20	d	25	10	62	83	100	0	0	30	0	60	13,3

* DDS: Días después de la siembra



Figura 2. Aspecto de las plántulas de café atacadas por *Cercospora coffeicola*, 21 días después de la inoculación. a). Planta sembrada en solución de Hoagland al 0% (agua destilada); b). Planta establecida en solución de Hoagland al 25%; c). Planta desarrollada en la solución de Hoagland al 100%.

El análisis de varianza presentó diferencias estadísticas en cada uno de los tres días de calificación para las variables PHE y MAN entre concentraciones nutritivas, y se encontraron los valores más altos en las plantas que estuvieron en la solución de 0%. También se observó que los valores de las variables aumentaron con el tiempo (Tabla 5). Las mayores diferencias comenzaron a establecerse 21 días después de la inoculación (período de incubación), cuando se observó

el mayor número de manchas en el primer par de hojas y las variables se comportaron inversamente a la concentración de la solución nutritiva.

La disponibilidad de nutrientes está estrechamente relacionada con la incidencia y la severidad de la mancha de hierro (Figura 3), resultados que concuerdan con investigaciones realizadas por Cadena (2) y por Capera *et al.* (3), y consideraciones relacionadas

Tabla 5. Comparación de medias del porcentaje de hojas enfermas (PHE) y número de manchas por hoja (MAN) causado por *Cercospora coffeicola* en cafetos cv. Colombia sembrados en diferentes concentraciones de la solución de Hoagland.

Concentración (%)	Días después de la inoculación					
	14		21		28	
	PHA	MAN	PHE	MAN	PHE	MAN
0	5,28 a	0,21 a	40,45 a	56,13 a	66,12 a	96,64 a
25	1,66 b	0,13 ab	24,79 b	11,34 b	51,45 b	34,17 b
50	1,45 b	0,02 ab	10,67 c	6,44 b	32,70 c	15,62 bc
75	1,04 b	0,02 ab	12,91 c	2,11 b	28,95 c	8,57 c
100	0,41 b	0,004 b	10,41 c	2,61 b	27,08 c	7,72 c

Promedios con letras distintas indican diferencias estadísticas según la prueba de Tukey al 5%.

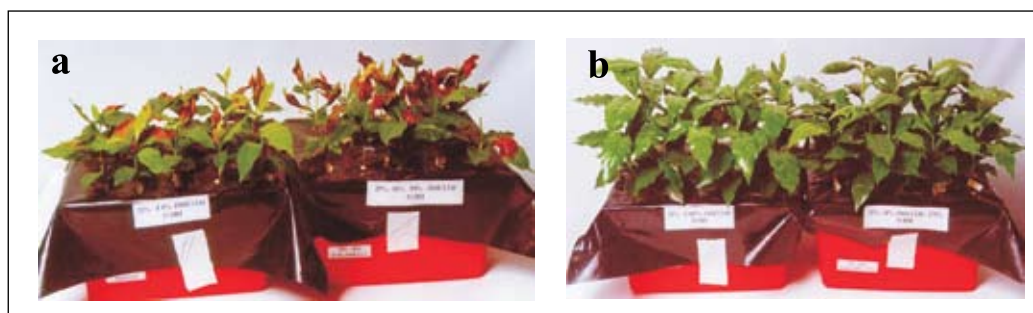


Figura 3. Aspecto de plántulas de café cv. Colombia, 33 días después de inoculación con *Cercospora coffeicola*. a). Plantas con agua desionizada (0%); b). Plantas en solución Hoagland del 50%.

con la nutrición (22), que indican que los minerales pueden aumentar o disminuir la resistencia a plagas y enfermedades, debido a su efecto en el patrón de crecimiento, en la morfología y la anatomía y particularmente, en la composición química de la planta. La resistencia puede aumentar mediante cambios en la anatomía (células epidérmicas más gruesas y mayor grado de lignificación) y mediante cambios en las propiedades fisiológicas y bioquímicas (mayor producción de sustancias repelentes o inhibidoras), a través del incremento de la formación de barreras mecánicas o químicas (lignificación y de síntesis de toxinas - fitoalexinas).

A los 28 días después de la inoculación ocurrió la abscisión del primer par de hojas en los tratamientos con concentraciones de 0 y 25% de la solución de Hoagland, y sobresalió el tratamiento 16 con 28,3% de defoliación (Tabla 6). Estos resultados concuerdan con los presentados por Ketring y Melook (17), quienes afirman que el ataque del hongo *Cercospora*, induce la producción de etileno y como consecuencia, la abscisión de hojas y otros órganos enfermos.

En trabajos adelantados para establecer la relación entre nutrición e incidencia y severidad de la mancha de hierro en cafetos

Tabla 6. Porcentaje de defoliación en cafetos cv. Colombia sembrados en diferentes concentraciones de la solución de Hoagland, 28 días después de inoculación con *Cercospora coffeicola*.

Tratamiento	Concentración de la solución de Hoagland después de la inoculación	Porcentaje de defoliación 28 días después de la inoculación (%)
1	0	15,8
2	25	2,5
5	100	0,8
6	0	5,0
11	0	4,2
12	25	5,0
13	50	1,7
16	0	28,3
17	25	4,2

se han obtenido resultados en plantas que tenían como sustrato suelo solo o en mezcla con materia orgánica descompuesta, en el almácigo o en el campo directamente (1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15, 20, 24). En general, se ha tratado de relacionar el efecto de N, P y K, y los resultados no son consistentes. El trabajo de Castaño (3), con la técnica de cultivos hidropónicos, sólo evaluó los elementos citados anteriormente, pero al estudiar la nutrición se debe tener en cuenta las diferentes interrelaciones entre los elementos esenciales, razón por la cual la metodología utilizada en este trabajo garantiza el manejo de diferentes niveles de nutrición controlados para las plantas.

Los resultados ratificaron afirmaciones en el sentido de que el balance de los nutrientes es uno de los factores más importantes para disminuir la incidencia y la severidad de la mancha de hierro (11) pero no se ha determinado con precisión cuál o cuáles elementos y en qué cantidades inhiben o favorecen el desarrollo de la enfermedad. Al respecto Huber (16), señala que la totalidad de los elementos minerales esenciales pueden influir en algunas enfermedades y que si

bien ningún nutriente las combate todas ni favorece el combate en todas las plantas, la severidad de la mayoría de las enfermedades puede ser fuertemente reducida mediante una nutrición adecuada, afirmación que se ratifica con los resultados obtenidos en este trabajo sobre las variables de respuesta con concentraciones nutritivas de 0 y 100%, donde se observaron las mayores diferencias al pasar de un nivel de nutrición deficiente a uno totalmente suficiente para la planta.

Esto sugiere que la aplicación de nutrientes como estrategia de manejo de enfermedades debe satisfacer las necesidades potenciales del cultivo para su crecimiento y desarrollo. La disponibilidad de nutrientes para la planta dependerá del nivel de nutrientes en el suelo, la dosis y la época de aplicación de fertilizantes, la actividad microbiana, las pérdidas estacionales, la eficiencia y la sanidad general de la planta.

Para determinar el efecto individual de los elementos esenciales es importante realizar trabajos con todos y cada uno de ellos y sus interacciones. Se debe enfatizar en las respuestas con calcio, boro, cobre y potasio

ya que estos elementos ejercen control sobre la permeabilidad de la membrana plasmática y pueden aumentar la concentración de asimilados solubles en el apoplasto, que facilitan el crecimiento de parásitos durante las fases de penetración y postinfección (22). Además, debe tenerse en cuenta los elementos esenciales de las enzimas que catalizan las reacciones de la ruta del ácido shiquímico, punto de partida en la producción de lignina y grupos fenolpropanoides, los más frecuentemente asociados con reacciones de resistencia.

La relación inversa entre la nutrición y el desarrollo de la mancha de hierro y la susceptibilidad de hojas más jóvenes reviste interés para determinar posteriormente si son los nutrimentos de mayor movilidad los que tienen mayor relación con la defensa de la planta a la enfermedad.

LITERATURA CITADA

1. CADENAG., G. Epidemiología de la mancha de hierro del café durante la etapa de almácigo. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ. Informe anual de la Sección de Fitopatología Julio 1981 - 1982. Chinchiná, Cenicafé, 1982 (Mecanografiado).
2. CADENA G., G. Uso de la pulpa del café para el control de la mancha de hierro *Cercospora coffeicola* Berk. y Cooke en almácigos. Cenicafé 33 (3): 76 - 90. 1982.
3. CAPERA B., D.; LEGUIZAMÓN C. J. Efecto de la nutrición mineral en soluciones nutritivas sobre la mancha de hierro. Chinchiná, Cenicafé, 1997. (Mecanografiado).
4. CASTAÑO, J. J. Mancha de hierro del café. Cenicafé 7 (82): 313 - 327. 1956.
5. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe anual de la Disciplina de Fitopatología. 1964 - 1965. Chinchiná, Cenicafé, 1965. p. 5-6.
6. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe anual de la Disciplina de Fitopatología. 1965 - 1966. Chinchiná, Cenicafé, 1966. p. 1-4.
7. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe anual de la Disciplina de Fitopatología. 1966 - 1967. Chinchiná, Cenicafé, 1967. p. 1-4.
8. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - Cenicafé. CHINCHINÁ. COLOMBIA. Informe anual de la Disciplina de Fitopatología. 1967 - 1968. Chinchiná, Cenicafé, 1968. p. 1-2.
9. ECHANDI, E. La chasparria de los cafetos causada por el hongo *Cercospora coffeicola*. Turrialba 9 (2): 54- 57. 1959.
10. EPSTEIN, E. Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. New York, John Wiley, 1972. p. 39.
11. FERNÁNDEZ B., O.; CADENA G., G.; LÓPEZ D., S.; BUITRAGO J., H. L.; ARANGO B., L. G. La mancha de hierro del caféto *Cercospora coffeicola* Berk y Cooke, biología, epidemiología y control. In: COLLOQUE Scientifique International Sur le Cafè, 10. Salvador, Octubre 11 - 14, 1985. Documents. Paris, ASIC, 1982. p. 11- 14.
12. FERNÁNDEZ B., O.; LÓPEZ D., S. Fertilización de plántulas de café y su relación con la incidencia de la mancha de hierro *Cercospora coffeicola* Berk. y Cooke. Cenicafé 22 (4): 95 - 110. 1971.
13. Efecto de la fertilización en la incidencia de la mancha de hierro *Cercospora coffeicola* en frutos de café. Cenicafé 17 (1): 5- 16. 1966.
14. FERTILIZACIÓN de las plantas de café y su relación con la incidencia de la mancha de hierro. El Cafè de Nicaragua No. 272: 18 - 21. 1974
15. GUZMÁN G., C. A.; RIAÑO H., N. M. Respuesta de plantas de café en etapa de almácigo a la fertilización foliar. Avances Técnicos Cenicafé No. 232: 1- 4. 1996.
16. HUBER, D. Manejo de la nutrición para combate de patógenos de las plantas. Agronomía Costarricense 2 (1): 99 - 102. 1997.
17. KETRING, D. L.; MELOOK, H.A. Ethylene production and leaflet abscission of three peanut genotypes

- infect with *Cercospora arachidicola* Hori. Plant Physiology 69 (4): 789 - 792. 1982.
18. LEGUIZAMÓN C., J. La mancha de hierro del cafeto. Avances Técnicos Cenicafé No. 246: 1- 8. 1997.
19. LEGUIZAMÓN C., J. Variabilidad de aislamientos de *Cercospora coffeicola* Berk. y Br. agente causal de la mancha de hierro del café. In: CONGRESO de la Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines, 13. Villavicencio, Agosto 12-14, 1992. Resúmenes. Santafé de Bogotá, ASCOLFI, 1992. p. 64.
20. LEGUIZAMÓN C., J. La mancha de hierro. In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ - Cenicafé. CHINCHINÁ, COLOMBIA. Informe anual de la Sección Fitopatología Octubre 1996 - Septiembre 1997. Chinchiná, Cenicafé, 1997.
21. LÓPEZ D., S.; FERNÁNDEZ B., O. Epidemiología de la mancha de hierro del cafeto *Cercospora coffeicola* Berk y Cooke. Cenicafé 20 (1): 3 - 19. 1969.
22. MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press, 1990 p. 369 - 390.
23. RENGIFO G., H. G.; LEGUIZAMÓN C., J. E., RIAÑO H., N. M. Algunos aspectos biológicos de *Cercospora coffeicola* Berk. y Cooke. Cenicafé 53(3): 169 - 177. 2002.
24. RIVERA, R.; SAM, O. Estudio preliminar de la relación de crecimiento vegetativo, crecimiento de fruto y estado nutricional en *Coffea arabica* L. (Variedad Caturra) a plena exposición solar. Cultivos Tropicales 5(3): 389 - 405. 1983.
25. SALAZAR A., N. Respuesta de las plántulas de café a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio. Cenicafé 28 (2): 61- 65. 1977.
26. VALENCIA, G. Consideraciones fisiológicas sobre el cultivo del café. Chinchiná, Cenicafé, 1977 (Mecanografiado).