EFECTO DEL CALCIO Y EL pH, EN CULTIVOS HIDROPONICOS DE LENTEJA *(Lens culinaris)* VAR. ARAUCANA-INIA, SOBRE LOS NIVELES FOLIARES DE HIERRO Y MANGANESO[1]

Effect of calcium and pH in hydroponic cultures, on iron and manganese foliar levels of lentils *(Lens culinaris)* cv. Araucana-INIA

Claudio Ciudad B.[2]

SUMMARY

A syndrome called "Marea Negra", has been reported in several experiments carried out at the La Platina Exp. Sta. (INIA-Santiago). This syndrome is characterized by high foliar levels of Mn and Fe; both could be originated by Ca activity, since it has a rol in the ions' exchange throught the cell membranes.

The effects of 0.50 and 100 mg/lt of Ca on the Fe, Mn, Mg, Ca, K and phosphate foliar levels were studied, with lentils grown in hydroponic media.

Results showed that pH (4.5 to 7) had no influence on lentils growth. However, low Ca levels (0 and 50 mg/lt) were detrimental on lentils behavior, and high Fe and Mn contents were detected by foliar analysis. This generated "Marea Negra" symptoms.

INTRODUCCION

Trabajos de France y Tay (1986) y de Sepúlveda y Baherle (1986), han denunciado en lenteja (*Lens culinaris*) un síndrome de disfunción en las hojas, caracterizado por altos niveles de Mn y Fe. Esto, es atribuible a un aumento en la absorción radicular de dichos elementos, por razones aún desconocidas. Todo este anormal proceso de toxicidad termina por provocar una fuerte defoliación que, según su intensidad, afecta el rendimiento del cultivo.

Dichos autores concluyen que este síndrome, descrito como "Marea Negra", sería un desorden nutricional, cuyo origen estaría en suelos que, por diversas circunstancias físicas y químicas, permiten una mayor absorción de estos elementos. Al mismo tiempo, descartan la posibilidad que sea una enfermedad producida por agentes bióticos, como hongos, bacterias o víruses.

Recientemente, Sadzawka (1987) ha demostrado que concentraciones de Mn en cultivos hidropónicos de lenteja, generan un aumento proporcional en la concentración foliar del citado elemento, provocando los síntomas característicos de esta toxicidad.

Por otra parte, se sabe que el Ca (Anderson, 1973; Clarkson, 1974), entre otras funciones, juega un rol fundamental en la regulación de la permeabilidad de la membrana celular. Cuando las plantas crecen en un medio en que el Ca no está disponible, las barreras naturales pierden la capacidad de controlar la libre difusión de iones. Van Diest y Schuffelen (1967) han sugerido que habrían dos mecanismos diferentes de absorción de Mn^{+2}; uno independiente del ión Ca^{+2}, y otro dependiente.

El presente trabajo tiene como objetivo establecer una técnica con cultivos hidropónicos de lenteja, por el período de desarrollo completo de la planta, bajo condiciones controladas de concentración de nutrientes, pH y ambiente (invernadero). Con la técnica ya establecida, se pretende medir las respuestas fisiológicas y el perfil foliar de algunos elementos, como Ca, Mn, Fe, K, Mg y P. A la luz de estos resultados, se espera tener algunas aproximaciones que revelen los mecanismos biológicos y químicos que controlan el síndrome de Marea Negra en lentejas.

[1]Recepción de originales: 13 de junio de 1989.
[2]Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 439, Correo 3, Santiago, Chile.

MATERIALES Y METODOS

Se germinaron semillas de lentejas (*Lens culinaris*) var. Araucana, en papel filtro BP humedecido con agua destilada a 20°C, en cámara de ambiente controlado. A los seis días de germinadas, se transplantaron a cubetas de plástico especialmente acondicionadas, de 800 ml de capacidad, con un dispositivo que aseguraba la permanente oxigenación del sistema, mediante el uso de válvulas de aireación, tipo acuario. Flotando sobre la superficie de la solución nutritiva, se instaló una placa de poliestireno, de 8 mm de grosor, con 6 perforaciones equidistantes, en cada una de las cuales se acomodaron las plántulas de lenteja. Las raíces quedaron sumergidas en 700 ml de solución nutritiva, que contenía: $Ca(NO_3)_2$ 2,5 mM; KNO_3 2,5 mM; KH_2PO_4 0,5 mM; $MgSO_4$ 1,0 mM; Fe EDTA 1 mg Fe/lt; $MnCl_2$ 9 mM 0,5 mg Mn/lt; H_3BO_3 0,25 mg B/lt; molibdato de amonio 0,01 mg Mo/lt; $ZnSO_4$ 0,05 mg Zn/lt y $CuSO_4$ 0,01 mg Cu/lt. Para llevar a cabo los experimentos planteados, fue necesario modificar la concentración de Ca de la solución base, a 3 niveles: 100 mg de Ca/lt (solución original), 50 mg de Ca/lt y 0 mg de Ca/lt. El ajuste de nitrato deficitario se hizo a expensas de la agregación de nitrato de potasio en cantidad suficiente. El ajuste del pH en las soluciones de cada tratamiento, se hizo agregando en cada caso solución concentrada de ácido nítrico o hidróxido de potasio, según fuesen los requerimientos.

Los 12 tratamientos, en que interactuó el pH frente a la concentración de Ca, fueron:

Tratamiento	pH	Ca (mg/lt)
1	4,5	100
2	4,5	50
3	4,5	0
4	5,0	100
5	5,5	100
6	5,5	50
7	5,5	0
8	6,0	100
9	6,5	100
10	6,5	50
11	6,5	0
12	7,0	100

Estas condiciones se iniciaron en el momento del trasplante. Las cubetas se forraron con papel de aluminio, para evitar la entrada de luz y así impedir el crecimiento de algas.

Las soluciones nutritivas fueron cambiadas y ajustadas semanalmente. El experimento se realizó con dos repeticiones y se mantuvo en el invernadero por 8 semanas, desde el trasplante. Se cosechó la parte aérea de las plantas, determinando la producción de biomasa total, expresada base m.s. Las hojas fueron llevadas a sequedad, en estufa de aire forzado a 65° C. Sobre este material se practicó la calcinación. Las cenizas se disolvieron en ácido clorhídrico y en la solución resultante se determinó Ca, Mg, Mn y Fe por espectrofotometría de absorción atómica, K por fotometría de llama y P por colorimetría.

RESULTADOS Y DISCUSION

El síndrome de Marea Negra en este estudio, tuvo características de toxicidad semejantes con las descritas por otros autores, como Sepúlveda y Baherle (1986): punteado necrótico en las hojas basales, que fue progresando hacia el ápice, seguido por una defoliación en el mismo sentido, pero con menor intensidad en los hidropónicos. Este último fenómeno tendría justificación, como es obvio, al no existir estrés hídrico.

Si bien se observa una tendencia de disminución de la producción de m.s. desde 5,08 a 4,28 g, a los diferentes pH, las plantas de lentejas no se vieron afectadas por la acción de la acidez presente cuando las concentraciones de Ca de los hidropónicos fueron normales (100 mg/lt), como se indica en el Cuadro 1. Así, los tratamientos 1, 4, 5, 8, 9 y 12 presentaron, además de producciones de biomasa parecidos y cercanos a 5 g de m.s. (Figura 1), la apariencia de sanas, sin síntomas de deficiencia o toxicidad.

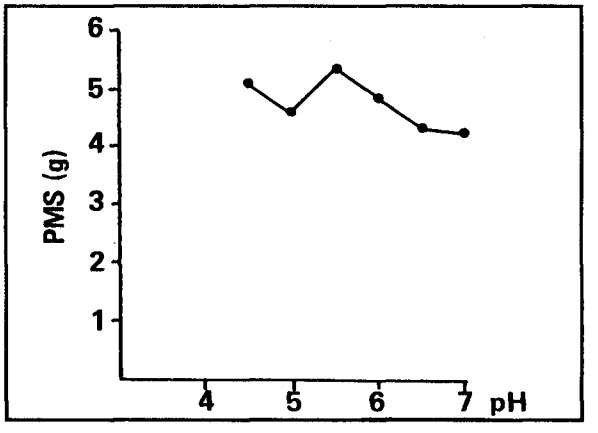

FIGURA 1. Efecto del pH sobre producción de materia seca (PMS) con concentraciones normales de calcio.

FIGURE 1. pH effect on lentils' dry matter production (PMS) in an hydroponic culture with a normal Ca contact.

Las plantas de lenteja mostraron síntomas con distinta graduación en los tres tratamientos, en que el nivel de Ca en las soluciones nutritivas fue de 50 mg/lt, siendo más fuerte en aquellas condiciones experimentales en que la acidez correspondió a 5,5 unidades de pH (tratamiento 6). Los tratamientos 2 y 10, si bien es cierto que

CUADRO 1. Valores promedios de análisis foliar de lentejas, cultivadas en soluciones hidropónicas, con diferentes grados de acidez, en desbalance de Ca, durante 8 semanas

TABLE 1. Average values of foliar analysis in lentils, grown on hydroponic solutions with different pH and calcium imbalance, during 8 weeks

					Concentración Foliar Promedio					
Tratamiento	pH	Ca mg/lt	Síntomas	PMS[1] g	Mn mg/kg	Fe	Mg	P mg/g	Ca	K
1	4,5	100	Normal	5,08	38,5	216	3,4	3,9	13,6	25,1
2	4,5	50	MN[2] suave	3,16	42,2	313	3,4	4,2	8,4	26,4
3	4,5	0	PE[3]	0,20	78,9	482	4,1	9,8	0,0	28,5
4	5,0	100	Normal	4,62	40,4	239	3,2	3,7	14,4	22,8
5	5,5	100	Normal	5,35	37,4	198	3,5	4,6	13,6	24,0
6	5,5	50	MN fuerte	4,82	50,5	434	4,8	4,7	12,2	24,7
7	5,5	0	PE	0,50	68,1	551	3,8	10,0	0,0	29,7
8	6,0	100	Normal	4,98	41,1	232	3,3	3,4	14,5	21,7
9	6,5	100	Normal	4,41	38,0	195	3,3	3,2	14,4	21,8
10	6,5	50	MN suave	4,46	43,6	340	4,3	5,3	12,0	30,8
11	6,5	0	PE	0,36	73,6	368	5,3	8,7	0,0	31,7
12	7,0	100	Normal	4,28	36,9	176	3,3	3,6	13,7	26,2

[1] PMS= Producción materia seca.
[2] MN= Marea negra.
[3] PE= Plantas enanas.

presentaron síntomas de Marea Negra, lo hicieron con una intensidad menor, seguramente debido a las condiciones imperantes de acidez extremas a que fueron sometidos, pH 4,5 y 6,5, respectivamente.

Sobre este último punto, es dable señalar que en la hidroponía, el pH que existe en el contorno del sistema radicular o interfase raíz-ambiente, correspondería a la acidez de la solución nutritiva, no siendo así en el suelo, donde el micro ambiente raíz/suelo, impone una acidez que no siempre es equivalente al pH que posee el suelo.

Considerando los tratamientos 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11, a diferentes pH:

Es notoria la influencia de la concentración de Ca en la producción de biomasa (Figura 2), siendo crítica cuando la concentración en el hidropónico desciende a 0 mg/lt, produciendo en las plantas un marcado enanismo.

El efecto sobre el Mn foliar muestra una relación inversa: al disminuir el Ca aumenta el Mn foliar (Figura 3). Lo mismo ocurre para el Fe foliar cuando la concentración de Ca en el hidropónico disminuye (Figura 4) y con el Mg foliar, pero con menor inclinación (Figura 5).

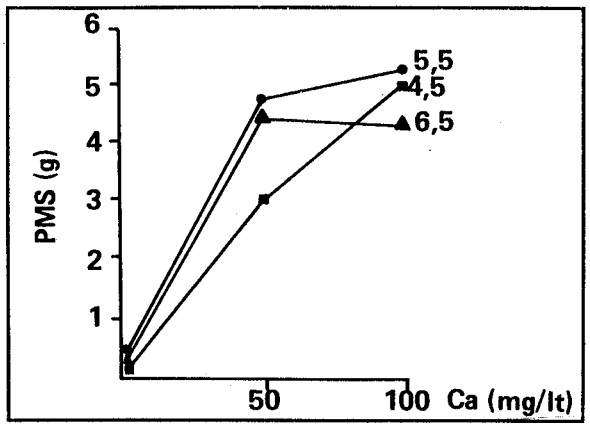

FIGURA 2. Efecto del Ca sobre producción de materia seca (PMS) a diferentes pH.

FIGURE 2. Ca effect on lentils' dry matter production (PMS) at different pH of the hydroponic culture.

Al igual que en los casos anteriores, el K foliar guarda una relación inversa con el Ca del hidropónico (Figura 6).

El P foliar, aparentemente no sufre cambios importantes entre 50 y 100 mg/lt de Ca, para subir abruptamente cuando se baja de 50 mg/lt de Ca en el hidropónico (Figura 7).

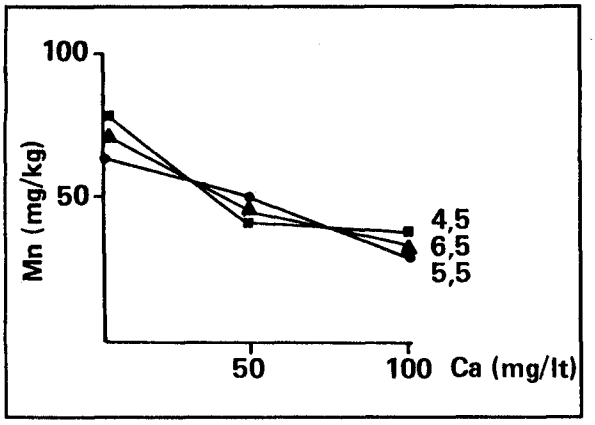

FIGURA 3. Efecto del Ca sobre Mn foliar a diferentes pH.

FIGURE 3. Ca effect on lentils' foliar Mn with different pH of the hydroponic culture.

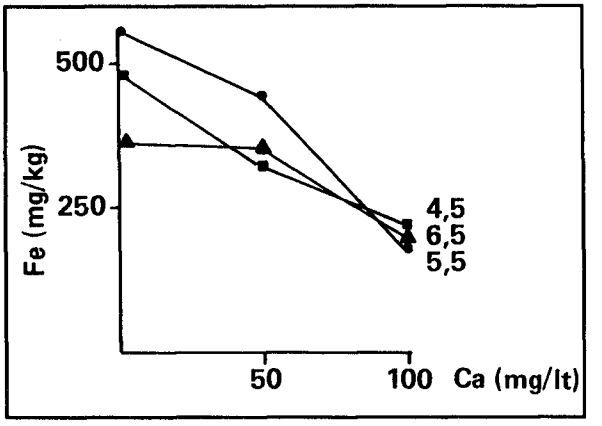

FIGURA 4. Efecto del Ca sobre Fe foliar a diferentes pH.

FIGURE 4. Ca effect on lentils' foliar Fe with different pH of the hydroponic culture.

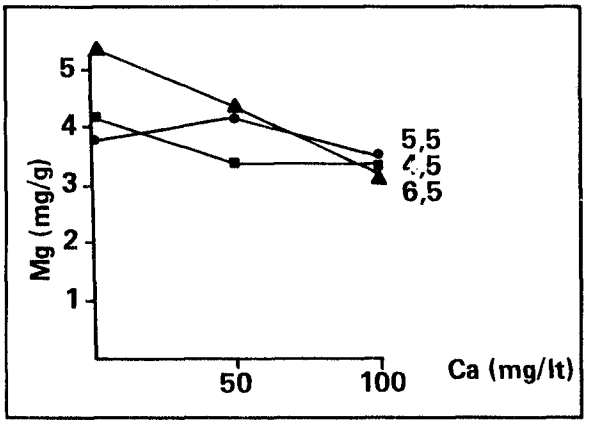

FIGURA 5. Efecto del Ca sobre Mg foliar a diferentes pH.

FIGURE 5. Ca effect on lentils' Mg with different pH of the hydroponic culture.

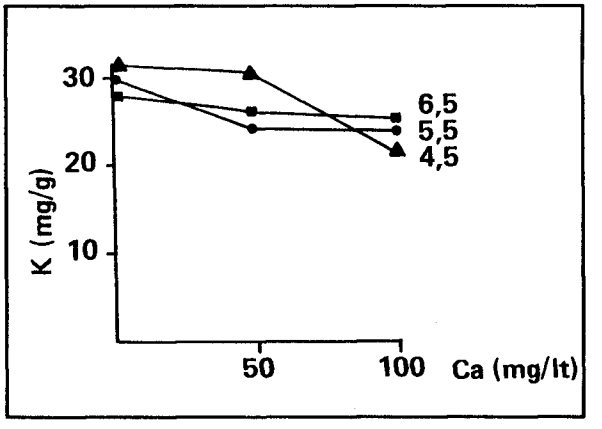

FIGURA 6. Efecto del Ca sobre K foliar a diferentes pH.

FIGURE 6. Ca effect on lentils' foliar K with different pH of the hydroponic culture.

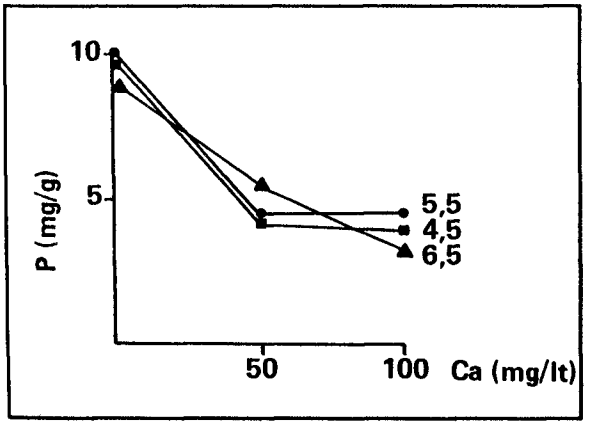

FIGURA 7. Efecto del Ca sobre P foliar a diferentes pH.

FIGURE 7. Ca effect on lentils' foliar K with different pH of the hydroponic culture.

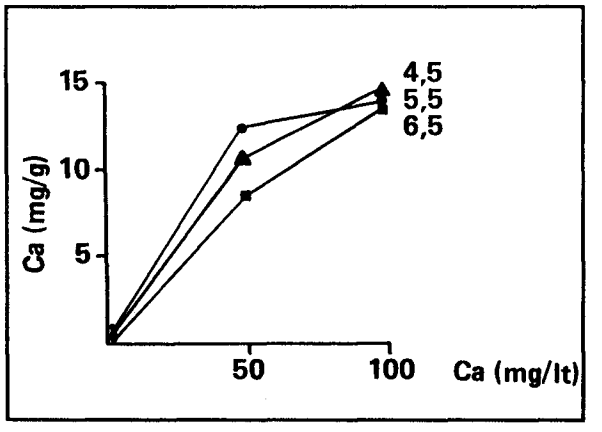

FIGURA 8. Efecto del Ca sobre Ca foliar a diferentes pH.

FIGURE 8. Ca effect on lentils' foliar Ca with different pH of the hydroponic culture.

En definitiva, pareciera que la concentración foliar de todos los nutrientes estudiados, especialmente del Mn y Fe, aumenta con la disminución de Ca en las soluciones nutritivas, posiblemente, a expensas de una evidente disminución de la biomasa, concretándose en un efecto de concentración o dilusión inversa.

Por último, la concentración de Ca en las soluciones nutritivas es determinante en la presencia del Ca foliar, habiendo una relación directa (Figura 8).

CONCLUSIONES

Las lentejas (*Lens culinaris*, variedad Araucana) pueden ser sometidas a estudio en hidroponía, con niveles variables de Ca, desde niveles cercanos a 0 hasta 100 mg/lt.

Las plantas al crecer en las soluciones hidropónicas con 100 mg/lt de Ca, en un intervalo que va desde pH 4,5 a 7,0, no parecen verse afectadas.

La producción de biomasa fue máxima a concentraciones de los hidropónicos de 100 mg/lt de Ca, siendo proporcional a la concentración de calcio.

Cuando se bajó el nivel de Ca a concentraciones inferiores a 100 mg/lt, se produjo un aumento del nivel foliar de Mn, Fe, Mg, P y K, que es característico para cada elemento. Se exceptúa el Ca, ya que mantiene una relación directamente proporcional a su presencia en los hidropónicos.

Las concentraciones de 50 mg/lt de Ca en los hidropónicos, indujeron el síntoma de Marea Negra, en distintos grados dependiendo del pH, siendo más marcado a pH 5,5. Con 0 mg/lt de Ca, se produjeron plantas enanas.

RESUMEN

Recientes investigaciones realizadas en INIA, han denunciado en cultivos de lentejas, un síndrome llamado "Marea Negra", que se caracteriza por alto nivel foliar de Mn y Fe. Se considera al Ca como causante, en virtud de su capacidad de controlar en las membranas radiculares, el flujo de absorción de estos elementos. Por ello, se ha desarrollado la presente experimentación con dicho cultivo, tendiente a dilucidar el rol del Ca en las concentraciones foliares de los elementos.

Los resultados indican, feacientemente, que la lenteja crece perfectamente en soluciones hidropónicas, independientemente del pH (desde 4,5 a 7). El Ca es determinante en el desarrollo de las plantas y su déficit en las soluciones permite una mayor absorción de Fe, Mn, P y K, generando un síndrome similar a Marea Negra.

LITERATURA CITADA

ANDERSON, W.P. 1973. Ion Transport in Plants. Academic Press, London-New York.

CLARKSON, D.O. 1974. Ion Transport and Cell Structure in Plants. Mc Graw-Hill, New York.

FRANCE I., ANDRES y TAY U., JUAN. 1986. Problema nutricional en lentejas (*Lens culinaris* Med.) asociado a altos contenidos de manganeso y hierro. Agricultura Técnica (Chile) 46 (3): 379-383.

SADZAWKA R., M. ANGELICA. 1987. Efecto del manganeso sobre el crecimiento y contenido de nutrientes en la lenteja (*Lens culinaris* var. Araucana). Agricultura Técnica (Chile) 47 (4): 350-354.

SEPULVEDA R., PAULINA y BAHERLE V., PEDRO. 1986. "Marea Negra" en lenteja. Una enfermedad provocada por un desorden nutricional. IPA-La Platina (Chile) 36: 20-23.

VAN DIEST, A. y SCHUFFELEN, A.C. 1967. Uptake of manganese by oats and sunflower, In: Jacks, G.V. (ed.) Trans. Int. Soc. Soil Sci. Comm. II and IV, Aberdeen.