

Efecto del Nivel de Manganeso en la Absorción de Hierro por Diferentes Variedades de Soya¹

E. O. Leidi*, M. Gómez*

ABSTRACT

In the present work, the influence of Mn levels on Fe uptake by soybean cultivars was studied. Fe-efficient and inefficient soybean cultivars were grown in aerated nutrient solutions containing different Mn (0.0, 1.8, 91.0 μM) and Fe (4.5, 17.9, 44.8 μM) concentrations under growth chamber conditions. At the second trifoliolate stage, the plants were sampled and Fe concentration in different plant parts were determined by atomic absorption spectrophotometry. Mn deficiency apparently caused the depression of Fe uptake whereas Mn excess produced a similar effect through its antagonistic relation with Fe. Differences in Fe accumulation by cultivars were observed. However, differential Fe uptake inhibition between cultivars by excess Mn could not be conclusively found.

INTRODUCCION

Entre los metales pesados considerados esenciales para el crecimiento de las plantas, Fe y Mn se encuentran frecuentemente en concentraciones limitantes (por deficiencia o exceso) en suelos de pH elevado o de bajo potencial redox (18).

La toxicidad por Mn es uno de los principales factores limitantes, después del Al, en los suelos ácidos (10). El exceso de Mn produce en las plantas síntomas similares a los de deficiencia de Fe (14). Sin embargo, su exceso no siempre induce deficiencia de Fe, como se ha observado en caña azucarera (12), y en arroz (24).

Brown y Jones (5) indicaron que la tolerancia al exceso de Mn en soya no estaba relacionada con la eficiencia en la absorción de Fe. Por su parte, Lingle *et al.* (17) demostraron que la absorción y el transporte de Fe en soya se incrementaban al aumentar las concentraciones de Mn inferiores a 2 μmoles , pero se

COMPENDIO

En este trabajo se estudió la influencia de los niveles de Mn en la absorción de Fe por cultivares de soya. Se establecieron cultivares de soya Fe eficaces e ineficaces en soluciones nutritivas aireadas que contenían diferentes concentraciones de Mn (0.0, 1.8, 91.0 μM) y de Fe (4.5, 17.9, 44.8 μM) bajo condiciones de cámara de crecimiento. En la segunda fase de trifoliato, las plantas fueron muestreadas y la concentración de Fe, en diferentes partes de la planta, fue determinada por el espectómetro de absorción atómica. Aparentemente, la deficiencia de Mn causó la depresión de la absorción de Fe mientras que el exceso de Mn produjo un efecto similar como consecuencia de su antagonista relación con Fe. Se observaron las diferencias en la acumulación de Fe por dos diferentes cultivares. Sin embargo, no se pudo comprobar en forma concluyente la inhibición en la absorción de Fe entre cultivares debido a exceso de Mn.

disminuían al superarse ese nivel. En tomate, se observó que el Mn producía efectos similares (22). Recientemente, Gettier *et al.* (11) indicaron una mejora en la absorción de Fe a consecuencia de la corrección de la deficiencia de Mn.

El objeto de este trabajo fue el de determinar los efectos de niveles de Mn sobre la absorción de Fe por cultivares de soya con diferente eficiencia en la absorción del metal. Estos resultados permitirían abordar, con mayor base empírica, la solución a las limitantes de producción de esta leguminosa en áreas con disponibilidades subóptimas de Fe y Mn.

MATERIALES Y METODOS

Semillas de soya (*Glycine max* (L.) Merr.) de los cultivares Bragg y Lee (Fe-eficientes), Forrest y T-203 (Fe-ineficientes) (5) y Williams (Fe-eficiencia no indicada) se hicieron germinar a 28°C en placas Petri humedecidas con SO_4Ca 0.5 mM. A las 72 horas se seleccionaron plántulas por uniformidad de longitud radicular y se trasplantaron a soluciones nutritivas con la siguiente composición (mM): N, 10; P, 0.16; S, 2; K, 5; Ca, 4.5; Mg, 1.5; (μM): B, 46.2; Cu, 0.8; Zn, 0.8; Mo, 0.05. El pH inicial fue 5.5. La aireación continua se suministró por borboteo. Los tratamientos consistieron en tres niveles de Mn (0.0, 1.8, 91.0 μM)

¹ Recibido para publicación el 25 de junio de 1987.

* Unidad Estructural de Investigación de Fisiología Vegetal. Estación Experimental del Zaidín Apartado 419. 18080-Granada, España.

SO₄ · Mn · H₂O) combinados con tres niveles diferentes de Fe (4.5, 17.9, 44.8 µM) (FeEDDHA).

Al cabo de dos semanas de cultivo en cámara de crecimiento (ciclos de 14 h luz/10 h oscuridad, 30/20°C, 60/80% humedad relativa) (radiación fotosintéticamente activa, 390 µ E·s⁻¹ · m⁻²) las plantas alcanzaron el estado vegetativo V3 (9), momento elegido para el muestreo. Las plantas se fraccionaron en: primer par de hojas simples, primera y segunda trifoliadas, tallos (incluyendo peciolos) y raíces. Las raíces fueron lavadas con tres inmersiones en agua desmineralizada. Todo el material vegetal se colocó en estufa de aire forzado a 70°C durante 48 horas para posterior determinación de pesos secos y análisis químico. El análisis de la concentración de Fe en las distintas fracciones se realizó por espectrofotometría de absorción atómica de las muestras mineralizadas por calcinación y digestión en CIH concentrado (7). Los análisis se efectuaron por triplicado.

RESULTADOS

Los niveles de Mn en solución se relacionaron parabólicamente con el peso seco de las plantas (datos no

presentados), deprimiéndose estos pesos secos bajo condiciones de deficiencia o exceso de Mn.

En los Cuadros 1, 5 se pueden observar las concentraciones y los contenidos de Fe en hojas, tallos y raíces de los distintos cultivares. Se puede advertir que la concentración de Fe en el primer par de hojas simples (Cuadro 1) resultó disminuida por el incremento en el nivel de Mn al existir una baja concentración de Fe en el medio. Con niveles superiores de Fe en solución, el efecto anterior parece no registrarse. En estos casos, la mayor concentración foliar de Fe se obtiene con niveles medios de Mn en solución. Considerando los contenidos de Fe para el mismo par de hojas, el exceso de Mn los deprime, cualquiera que sea el nivel de Fe en el medio o el cultivar considerado. La deficiencia de Mn, también produjo, en general, una reducción del contenido de Fe. En la primera hoja trifoliolada (Cuadro 2), los efectos del Mn no fueron tan generalizados como en el caso anterior. Con bajo nivel de Fe en el medio, el aumento de concentración de Mn produjo una mayor concentración foliar de Fe en los cvs. Forrest y Lee. Sin embargo, con mayor nivel de Fe en solución, el exceso de Mn deprimió la concentración foliar de Fe en todos los

Cuadro 1. Concentración y contenido de Fe en el primer par de hojas simples de variedades de soya cultivadas con diferentes niveles de Fe y Mn.

Tratamientos (ppm)		Concentración de Fe (µ g/g)					
Fe	Mn	Bragg	Lee	Forrest	I-203	Williams	
0.25	0.0	92.1	70.2	72.9	44.1	81.3	
	0.1	57.8	68.9	68.5	28.6	95.3	
	5.0	46.3	57.8	40.8	13.5	56.6	
1.0	0.0	104.1	68.6	92.7	45.4	91.9	
	0.1	89.9	76.3	115.3	51.9	112.2	
	5.0	56.3	64.1	68.7	34.7	105.3	
2.5	0.0	135.8	91.9	85.3	56.9	103.2	
	0.1	167.3	103.3	142.3	78.0	131.1	
	5.0	97.2	69.8	80.2	57.4	93.8	
MDS 0.05		6.2					
		Contenido de Fe (µ g/órgano)					
0.25	0.0	7.53	4.87	4.60	6.50	8.47	
	0.1	7.37	6.80	5.27	4.17	11.27	
	5.0	3.30	4.33	3.00	1.97	6.23	
1.0	0.0	10.87	5.93	6.90	6.10	9.80	
	0.1	10.23	7.90	9.47	7.43	15.03	
	5.0	5.27	4.87	5.03	3.90	11.63	
2.5	0.0	13.37	8.43	7.17	7.43	11.63	
	0.1	19.83	10.03	11.57	11.87	16.93	
	5.0	8.27	5.23	5.93	6.87	9.70	
MDS 0.05		1.42					

Cuadro 2. Concentración y contenido de Fe en la primera hoja trifoliolada de variedades de soya cultivadas con diferentes niveles de Fe y Mn.

Tratamientos (ppm)		Concentración de Fe (μ g/g)				
Fe	Mn	Bragg	Lee	Forrest	T-203	Williams
0.25	0.0	84.9	74.7	95.4	52.8	81.8
	0.1	90.2	77.7	118.3	83.1	116.8
	5.0	78.6	107.3	135.7	63.7	100.3
1.0	0.0	127.4	143.0	97.0	57.5	130.4
	0.1	130.5	108.5	170.9	123.2	139.0
	5.0	100.4	82.8	79.0	59.7	91.4
2.5	0.0	114.4	101.9	102.8	80.3	122.6
	0.1	182.6	132.1	135.6	84.0	134.2
	5.0	99.9	85.5	87.6	62.2	89.3
MDS _{0.05}		25.6				
Contenido de Fe (μ g/órgano)						
0.25	0.0	8.10	5.83	5.63	6.23	7.73
	0.1	12.80	10.47	12.90	9.03	19.83
	5.0	3.67	7.27	4.90	7.87	7.47
1.0	0.0	14.37	10.83	8.90	6.67	14.87
	0.1	16.00	12.97	18.80	21.50	25.90
	5.0	10.73	6.73	7.87	7.00	12.37
2.5	0.0	13.50	8.73	10.37	10.80	14.70
	0.1	23.90	15.57	15.13	15.37	23.87
	5.0	8.60	6.70	8.93	9.37	11.70
MDS _{0.05}		3.43				

cultivares. En relación a los contenidos de Fe, éstos fueron disminuidos en todos los cultivares por condiciones de deficiencia y exceso de Mn. La segunda hoja trifoliolada (Cuadro 3), aún en expansión al momento del muestreo, presentó variaciones importantes en su nivel de Fe por efecto de la concentración de Mn en solución, dependiendo del cultivar o del nivel de Fe en solución considerado. Esta mayor variabilidad de respuesta podría atribuirse a diferencias en su estado de crecimiento entre los distintos cultivares.

Los coeficientes de regresión de las relaciones entre concentración de Mn en solución y contenido de Fe en hojas trifolioladas (valores no presentados) fueron superiores en los cvs. Bragg, Forrest y Williams, e inferior en Lee (las correlaciones no fueron estadísticamente significativas en T-203). Esta circunstancia podría indicar una mayor sensibilidad de los cultivares Bragg, Forrest y Williams a la inhibición de la absorción de Fe por exceso de Mn.

En tallos (Cuadro 4), se observaron mayores contenidos de Fe bajo condiciones de deficiencia o suministro medio de Mn.

En todos los cultivares, el aumento de concentración de Mn en solución produjo un incremento en la concentración y el contenido de Fe en las raíces (Cuadro 5). Los mismos valores también variaron según el nivel de Fe externo. Con alto nivel de Fe en solución, el cv, T-203 fue el que presentó mayor concentración y contenido del elemento en raíces al existir un exceso de Mn. Sin embargo, el cv Lee inmovilizó mayor cantidad de Fe cuando el nivel de este nutriente en el medio era bajo.

DISCUSION

Los resultados expuestos permiten indicar que los niveles de Mn en el medio modificaron la absorción de Fe en los distintos cultivares estudiados, en contraste con lo informado por Heenan y Campbell (13), quienes señalaron la independencia de la absorción de Fe de los niveles de Mn en solución de soya cv Bragg.

En nuestras condiciones experimentales, se pudo observar un aumento en la concentración de Fe con niveles deficientes de Mn en solución, fenómeno tam-

bién registrado en un cultivar de soya (19) y en *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (20). Considerando la disminución del crecimiento por el nivel limitante de Mn y la depresión en los contenidos foliares de Fe, el aumento de nivel citado debe corresponder a un "efecto de concentración" (15) y no a una mejora en la absorción de Fe. El incremento de absorción de Fe se produciría con el nivel medio de Mn con el cual, se presentaron, en general, las mayores acumulaciones del nutrimento.

Estudios de absorción de ^{59}Fe con soya cv Hawkeye (17), demostraron una mejora en la absorción al incrementarse el nivel de Mn hasta una concentración de $2 \times 10^{-6}\text{M}$.

La acumulación de Fe en tallos bajo condiciones de deficiencia de Mn coincide con la disminución del contenido foliar de Fe, circunstancia que podría indicar problemas de transporte del Fe absorbido hasta las hojas.

El exceso de Mn en solución antagonizó la absorción de Fe en los distintos cultivares, produciendo disminución en la concentración y contenido foliar

de Fe. Estos resultados coinciden con los de Lingle *et al.* (17), quienes señalaron la depresión en la absorción de ^{59}Fe en soya a partir de concentraciones de Mn en el medio de igual molaridad al Fe en solución. Este fenómeno también fue detectado en otras especies como tomate (22) y cebada. La disminución en la absorción de Fe por altos niveles de Mn no fue, sin embargo, la verdadera causa de las clorosis férrica presentada por los cultivares en la primera hoja trifoliolada al crecer con tratamiento de bajo Fe ($4.5 \mu\text{M}$) y alto Mn ($91.0 \mu\text{M}$), como podemos comprobar por los valores de concentración de Fe (Cuadro 2), que resultaron superiores al nivel considerando deficiente ($30 \mu\text{g/g}$). Según Clark (8), el Mn y otros nutrimentos (P, Ca, Cu, Mo, Al, etc.) pueden inmovilizar el Fe de los tejidos, inactivándolo para los procesos bioquímicos que le requieren como sustrato y restando significación a los valores de concentración total del elemento.

Considerando como medida de efectividad de la absorción de Fe los niveles de contenido registrados en hojas y tallos, se pueden señalar a los cvs Bragg y Williams como los más eficientes. En cuanto a los

Cuadro 3. Concentración y contenido de Fe en la segunda hoja trifoliolada de variedades de soya cultivadas con diferentes niveles de Fe y Mn.

Tratamientos (ppm)		Concentración de Fe ($\mu\text{g/g}$)				
Fe	Mn	Bragg	Lee	Forrest	T-203	Williams
0.25	0.0	94.9	68.1	57.5	22.3	34.4
	0.1	78.9	59.3	77.9	40.9	80.6
	5.0	43.2	54.7	56.2	30.9	51.7
1.0	0.0	78.1	82.2	58.5	12.2	62.7
	0.1	87.3	65.9	94.0	68.5	77.8
	5.0	73.8	64.8	54.5	26.6	55.6
2.5	0.0	83.9	68.1	92.1	60.9	75.3
	0.1	107.7	74.6	84.2	64.6	73.8
	5.0	73.9	65.9	91.6	52.9	64.8
MDS _{0.05}		5.8				
Contenido de Fe ($\mu\text{g/órgano}$)						
0.25	0.0	6.97	5.00	2.47	0.83	2.43
	0.1	5.93	4.73	5.93	1.23	9.27
	5.0	1.60	3.63	1.73	1.37	1.70
1.0	0.0	6.37	4.80	4.07	0.50	5.43
	0.1	6.93	5.63	7.20	8.80	9.17
	5.0	4.77	4.23	4.13	1.87	6.50
2.5	0.0	6.73	4.77	6.80	5.13	5.47
	0.1	8.80	6.73	5.87	8.50	8.37
	5.0	4.87	4.17	6.60	5.07	5.70
MDS _{0.05}		1.10				

Cuadro 4. Concentración y contenido de Fe en tallos de variedades de soya cultivadas con diferentes niveles de Fe y Mn.

Tratamientos (ppm)		Concentración de Fe (μ g/g)				
Fe	Mn	Bragg	Lee	Forrest	T-203	Williams
0.25	0.0	35.5	23.3	34.6	17.7	33.1
	0.1	24.7	21.3	27.8	18.2	41.7
	5.0	18.5	15.5	36.3	19.1	25.8
1.0	0.0	34.6	37.5	28.7	26.2	43.2
	0.1	46.7	24.0	27.8	42.5	36.2
	5.0	21.7	21.4	21.0	17.8	25.0
2.5	0.0	34.6	25.4	39.3	34.8	62.6
	0.1	45.2	20.8	32.4	32.4	31.2
	5.0	26.3	18.5	20.4	17.8	23.7
MDS _{0.05}		5.2				
Contenido de Fe (μ g/órgano)						
0.25	0.0	7.43	5.10	3.63	2.53	5.13
	0.1	4.27	3.93	4.33	1.97	9.40
	5.0	2.37	2.93	3.03	2.37	3.20
1.0	0.0	9.87	9.33	4.67	3.60	9.57
	0.1	7.53	4.77	4.50	8.00	8.47
	5.0	4.07	3.73	3.60	2.53	6.27
2.5	0.0	7.60	5.20	6.83	6.63	10.63
	0.1	8.13	4.07	4.77	5.97	6.27
	5.0	4.27	3.43	3.27	2.80	4.63
MDS _{0.05}		1.29				

Cuadro 5. Concentración y contenido de Fe en raíces de variedades de soya cultivadas con diferentes niveles de Fe y Mn.

Tratamientos (ppm)		Concentración de Fe (μ g/g)				
Fe	Mn	Bragg	Lee	Forrest	T-203	Williams
0.25	0.0	52.6	52.3	64.4	48.5	50.1
	0.1	65.7	70.3	81.0	57.5	79.9
	5.0	163.7	179.7	126.7	72.3	108.1
1.0	0.0	91.8	91.5	106.8	101.8	82.6
	0.1	122.9	98.8	182.2	93.4	152.6
	5.0	192.0	161.6	220.2	148.7	183.0
2.5	0.0	137.1	182.3	156.1	153.7	153.1
	0.1	269.9	207.6	187.1	135.0	171.0
	5.0	270.0	287.8	298.7	314.9	235.7
MDS _{0.05}		9.3				
Contenido de Fe (μ g/órgano)						
0.25	0.0	5.50	4.97	5.10	7.93	6.03
	0.1	7.87	8.20	9.77	9.57	13.50
	5.0	12.67	16.63	9.70	13.13	12.40
1.0	0.0	11.67	8.50	10.57	17.30	11.97
	0.1	14.00	11.07	19.03	17.60	26.43
	5.0	22.37	13.87	24.63	23.83	31.87
2.5	0.0	17.93	19.70	16.93	22.63	20.60
	0.1	32.30	24.80	20.00	25.77	25.87
	5.0	23.83	27.40	27.23	47.57	33.30
MDS _{0.05}		2.26				

valores de concentración, el cv T-203 presentó las concentraciones más bajas, mientras que los cvs Lee y Forrest alcanzaron concentraciones de magnitud similar a Bragg y Williams. El cv Forrest, caracterizado como Fe-ineficiente (6), presentó una eficiencia similar a la de los cvs Fe-eficientes. Esta diferencia se produciría porque la capacidad de respuesta a la deficiencia de Fe en solución nutritiva no se correlaciona cuantitativamente con la eficiencia sobre suelos calcáreos (23), sustrato éste sobre el que se determinó la eficiencia del cv Forrest (6).

Estudios de distribución de Fe demuestran que las raíces pueden contener de 5 a 20 veces más Fe que las hojas (8). El nutrimento estaría formando parte de la ferritina en las células de la raíz (3), o bien, adsorbido físicamente y/o precipitado (como hidróxido y fosfato) en el apoplasto (1, 2, 16). Estos procesos pueden explicar el aumento de contenido de Fe en las raíces por el incremento del nutrimento en el

medio externo. Otro fenómeno detectado, como fue el aumento en el contenido de Fe con independencia del nivel externo del mismo, por las condiciones de exceso de Mn, también señalado por otros autores (13) correspondería a causas más complejas. La reducción de los iones Fe^{3+} es un proceso que precede a la absorción (4) y resulta inhibido por el Mn^{2+} en exceso (21). Independientemente a esta inhibición, la competencia entre los iones Fe^{2+} y Mn^{2+} por los sitios de absorción al aumentarse la concentración de Mn en el medio podría determinar niveles de Fe^{2+} no absorbido que fueran rápidamente inmovilizados por diferentes procesos en el espacio del apoplasto (2), contribuyendo así a los incrementos de Fe radical detectados.

En conclusión, se puede señalar que los niveles de Mn en el medio interfieren en la absorción de Fe por plantas de soya. Por otra parte, las diferencias de Fe-eficiencia entre cultivares no se traducen en modificaciones cualitativas importantes de respuesta.

LITERATURA CITADA

1. BIENFAIT, H.F.; BRIEL, M.L. VAN DEN; MESLAND-MUL, N.I. 1984. Measurement of the extracellular mobilizable iron pool in roots. *J. Plant Nutr.* 7:659-666.
2. BIENFAIT, H.F.; BRIEL, W. VAN DEN; MESLAND-MUL, N.T. 1985. Free space iron pools in roots. Generation and mobilization. *Plant Physiology* 78:596-600.
3. BIENFAIT, H.F.; MARK, F. VAN DER. 1983. Phyto-ferritin and its role in iron metabolism. In *Metals and micronutrients: Uptake and utilization by plants*. Ed. by D.A. Robb, W.S. Pierpoint. London. Academic Press. p. 111-123.
4. BROWN, J.C. 1978. Mechanism of iron uptake by plants. *Plant Cell Environ.* 1:249-257.
5. BROWN, J.C.; JONES, W.E. 1977a. Manganese and iron toxicities dependent on soybean variety. *Commun. Soil Science and Plant Anal.* 8:1-15.
6. BROWN, J.C.; JONES, W.E. 1977b. Fitting plants nutritionally to soils. I. Soybeans. *Agronomy Journal* 69:399-404.
7. CIAAF. 1973. Méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans le végétal. Détermination des éléments Ca, Mg, Fe, Mn, Zn et Cu par absorption atomique. *Oléagineux* 28:87-92.
8. CLARK, R.B. 1983. Plant genotype differences in the uptake, translocation, accumulation, and use of mineral elements required for plant growth. *Plant Soil* 72:175-196.
9. FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. 1977. Stages of soybean development. *Coop. Ext. Serv. Agric. Home Econom. Exp. St., Iowa State Univ. Sci. Technol.* (Special Report no. 80).
10. FOY, C.D. 1984. Physiological effects of hydrogen, aluminium, and manganese toxicities in acid soil. In *Soil acidity and liming*. Madison, Wisconsin, USA. Agronomy Monograph no. 12. p. 57-97.
11. GETTIER, S.W.; MARTENS, D.C.; BRUMBACK JUNIOR, T.B. 1985. Iron, copper, iron and zinc concentrations in soybeans as affected by manganese application. *J. Fert. Issues* 2:130-135.
12. GUPTA, A.P.; RAO, G.S.G. 1977. Physiological studies on manganese nutrition. *Indian Sugar* 27:547-552.
13. HEENAN, D.P.; CAMPBELL, L.C. 1983. Manganese and iron interactions on their uptake and distribution in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Plant Soil* 70:317-326.
14. HORST, W.J.; MARSCHNER, H. 1978. Symptoms of manganese toxicity in *Phaseolus vulgaris* L. *Pflanzenernaehr. Bodenkd.* 141:129-142.
15. JARRELL, W.M.; BEVERLY, R.B. 1981. The dilution effect in plant nutrition studies. *Advances in Agronomy* 34:197-224.
16. LINEHAN, D.J. 1984. Micronutrient cation sorption by roots and uptake by plants. *Journal of Experimental Botany* 35:1 571-1 574.
17. LINGLE, J.C.; TIFFIN, L.O.; BROWN, J.C. 1963. Iron uptake-transport of soybeans as influenced by other cations. *Plant Physiology* 38:71-76.
18. MARSCHNER, H. 1983. General introduction to the mineral nutrition of plants. In *Inorganic Plant*

- Nutrition. Ed. by A.L. Läuchli, R.L. Bielecki
New York. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
p 5-60.
19. MASCARENHAS, H.A.A.; MIRANDA, M.A.C.;
RAMOS, L.C.S.; FURLANI, P.R.; BATALIA,
O.C. 1982 Comportamento de três cultivares de
soja em diversos níveis de manganês em solução nu-
tritiva. *Bragantia* 41:225-230.
20. NOGUEIRA, O.L.; PAIVA, J.B.; CRISOSTOMO, L.A.
1982. Deficiências de micronutrientes essenciais e
toxicidade de alumínio e manganês em feijão-de-cor-
da. II. Desenvolvimento vegetativo e composição
química das plantas. *Pesquisa Agropecuária Brasi-
leira* 17:663-669.
21. OLSEN, R.A.; BROWN, J.C. 1980 Factors related to
iron uptake by dicotyledonous and monocotyle-
donous plants. II. The reduction of Fe³⁺ + as
influenced by roots and inhibitors. *J. Plant Nutr.*,
2:647-660.
22. RIEKELS, J.W.; LINGLE, J.C. 1966. Iron uptake and
translocation by tomato plants as influenced by
root temperature and manganese nutrition. *Plant
Physiology* 42:1 095-1 101
23. TIPTON, C.L.; THOWSEN, J. 1983. Reduction of iron
by soybean roots: correlation with iron efficiency
on calcareous soils. *Iowa State J. Res.* 57:409-422.
24. VORM, P.D.J. VAN DER; DIEST, A. VAN. 1979.
Aspects of the iron and manganese nutrition of rice
plants. 1. Iron and manganese uptake by rice plants
grown under aerobic and anaerobic conditions.
Plant Soil 51:233-246.

Variação Estacional da Concentração do Molibdênio nos Nódulos e Demais Partes da Planta de Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)¹

J. Jacob-Neto*, R.J. Thomas**, A.A. Franco***

ABSTRACT

The seasonal variation of the molybdenum concentration of nodules, roots and shoots of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) was studied in plants grown in solution culture containing three levels of molybdenum (0.000; 0.007 and 0.070 μ M Mo). Harvests were taken at eight stages of growth to determine nitrogenase activity, nodule number and dry weight, shoot and root dry weight, shoot total N and Mo concentration. The Mo concentration in the nodules was greater than that of shoots and roots when plants were grown at very low levels of Mo, and declined with age in all treatments. Considering the decrease in nodule Mo concentration with age, early to full flowering was the best stage for sampling for Mo deficiency. Of the total Mo absorbed by the plants, 65% and 25% were translocated to the seed from the intermediate (0.007 μ M) and high (0.070 μ M) levels respectively in the external medium. There was a decrease in nitrogenase activity soon after flowering in plants with and without Mo deficiency.

RESUMO

Foi conduzido um experimento em casa de vegetação com feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. 'Carioca' em solução nutritiva, para estudar a variação estacional da concentração de Mo nos nódulos, raízes e parte aérea, com plantas submetidas a 3 níveis de Mo (0.000; 0.007; 0.070 μ M). Avaliou-se em 8 estádios de crescimento, a concentração de Mo, a atividade da nitrogenase, peso e número de nódulos, peso das raízes, peso e nitrogênio total da parte aérea. As concentrações de Mo nos tecidos da planta variaram com o estágio de crescimento, sendo encontradas maiores concentrações nos nódulos que na parte aérea ou raiz quando as plantas foram crescidas com baixa disponibilidade de Mo. Ocorreu uma queda da concentração de Mo nos nódulos até a floração plena, podendo a amostragem nesta época ser indicada para determinação de deficiência de Mo. Do total de Mo absorvido pelas plantas, 65 e 24%, respectivamente, do nível médio e mais alto foram translocados para as sementes.

INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) pode ser cultivado extensivamente sem a utilização de nitrogênio mineral, apenas utilizando-se inoculantes com estirpes de *Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli* eficientes (3, 25). Contudo quando cultivado em solos com baixa disponibilidade de nitrogênio a produtividade do feijoeiro fixando nitro-

¹ Recebido para publicação em 20 julho 1987.

* Eng^o Agrônomo, M.Sc. Professor Assistente do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ, Km 47 da Antiga Rio-SP, 23851, Seropédica, R.J.

** Hill Farming Research Organization, Bush State, Penicuik. Midlothian, EH 26 OPY, Scotland, UK.

*** Eng^o Agrônomo, PH.D., MA. EMBRAPA-UAPNPBS, Km 47, 23851, Seropédica, R.J.