

## RESPUESTA DE LA PLANTA DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) A CANTIDADES VARIABLES DE MANGANESO EN EL SUBSTRATO<sup>1</sup>

Miguel A. González \*

### ABSTRACT

**Response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to different manganese levels in the culture medium.** Greenhouse studies were carried out in order to investigate the response of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) to different manganese levels added to the culture medium. The growth behaviour and the actual accumulation of manganese and soluble nitrogenous fractions within the plant, were evaluated. A negative correlation was found between increasing manganese concentration in the substrate media and the dry weight produced by the plants. A positive correlation was obtained when substrate manganese and plant manganese were compared.

The critical level of manganese in the leaf was tentatively set at 35 ppm. Distinct toxicity symptoms were manifested at higher concentrations. Among the plant tissues investigated, those of the leaf blades were found more suitable for the diagnosis of the referred nutrient element.

A lack of manganese in the nutrient medium was responsible for an accumulation of nitrate-nitrogen in the leaf blades.

### INTRODUCCION

El papel que desempeña el manganeso como activador enzimático hace que su requerimiento cuantitativo por el vegetal sea ínfimo en comparación con la exigencia de otros elementos menores (3). Su influencia en el metabolismo intermedio del nitrógeno y lo variable del contenido de manganeso en los suelos tropicales son un incentivo para el investigador con orientación práctica. El ámbito entre suficiencia y toxicidad de manganeso es muy estrecho con respecto al crecimiento vegetal, al igual que para otros oligo-

elementos. La literatura en lo concerniente a plantas tropicales es escasa; en frijol se cuenta con algunas contribuciones como las de Fergus (4), Lohnis (9) y Jackson, Westermann y Moore (8) quienes estudiaron niveles tóxicos de manganeso en frijol bajo condiciones de campo e invernadero. El presente estudio se refiere a los niveles de deficiencia, suficiencia y toxicidad de manganeso en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su efecto en el metabolismo del nitrógeno. El trabajo permitió definir la parte de la planta más apropiada con fines de diagnóstico de este elemento.

### MATERIALES Y METODOS

La investigación exigió efectuar un trabajo preliminar para conocer el ámbito de concentraciones de manganeso más adecuado para

<sup>1</sup> Recibido para su publicación el 28 de agosto de 1978.

\* Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

el crecimiento de la planta de frijol en solución nutritiva. Las plantas fueron cultivadas en soluciones a la mitad de la concentración propuesta por Hoagland y Arnon (6) con contenido variable de manganeso (0, 10, 20, 30, 40, 50, y 100 ppm.), lográndose establecer que a partir de 30 ppm. prácticamente se detuvo el crecimiento del frijol. Con base en estos resultados se instaló el experimento definitivo usando el cultivar de frijol S-382-R como planta indicadora. Las semillas germinaron en vermiculita y el trasplante se efectuó diez días después, cuando las plantas alcanzaron una altura aproximada de 4 cm. El cultivo se hizo en macetas de porcelana de 5,5 litros que contenían solución nutritiva Hoagland de media concentración y cuatro plantas de frijol. Los tratamientos fueron 0-0,125-0,25-0,5-1-2-4-8-16 y 32 ppm de manganeso. Los niveles se asignaron de acuerdo a un diseño de bloques al azar con diez tratamientos y tres repeticiones. La solución nutritiva para cada tratamiento se cambió dos veces por semana y a partir del segundo cambio se suplió solución nutritiva de fuerza 1. Con el objeto de prevenir enfermedades en el sistema radical se añadió 1000 u.i. de dicristicina por litro, al momento de reemplazar las soluciones. El medio nutritivo se mantuvo aerado, de tal manera que en cada envase se liberaron tres a cuatro burbujas por segundo. El experimento se concluyó 34 días después del trasplante, cuando se procedió a la medición del peso seco de las plantas enteras, tallos, hojas, pecíolos y raíces obtenidos de cada tratamiento y repetición. De las cuatro plantas que componían cada repetición, una se usó para el análisis de la planta entera; las restantes se dividieron con el objeto de obtener submuestras, denominadas en el texto, tallos, hojas y pecíolos. El material experimental se secó a 70 C hasta que alcanzó peso constante. Las muestras se trituraron en un molino Wiley, provisto de una criba número 40.

Las muestras para el análisis del manganeso se sometieron a digestión húmeda con una mezcla 5:1 de ácidos nítrico y perclórico (5). El manganeso se determinó colorimétricamente según Jackson (7) y la intensidad del color se midió en un espectrofotómetro Fisher modelo AC, provisto de filtro verde (525  $m\mu$ ). El nitrógeno total soluble en agua (NTSA) se analizó, al igual que en trabajos previos (1), en una alícuota de 5 ml proveniente de una extracción acuosa (20 ml de agua

destilada para 1 g de muestra), la que se transfirió a un balón de micro-Kjeldahl de 50 ml. Como reductor se usó 0,2 g de aleación Devarda y luego se añadió 1,5 ml de etanol al 95 por ciento y una pizca de parafina. Una vez montado el balón se añadió 2 ml de hidróxido de sodio (1 + 1) con fenoltaleína como indicador. El destilado se recogió en una solución de ácido bórico al 4 por ciento con indicadores rojo de metilo y azul de metileno. La titulación final se hizo con ácido sulfúrico 0,02 N. El nitrógeno orgánico soluble en agua (NOSA) se analizó por un procedimiento similar pero sin añadir el agente reductor de los nitratos (aleación Devarda); la concentración de nitrato se obtuvo restando a la primera determinación la concentración respectiva de nitrógeno reducido.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La producción de materia seca por las plantas sometidas a estudio se muestra en el Cuadro 1. Se destaca el aumento altamente significativo del peso seco cuando se compara el tratamiento sin manganeso con el que recibió 0,125 ppm. Al aumentar la concentración en el substrato arriba de este valor, ocurrió una disminución progresiva del crecimiento. Esta tendencia se manifestó en todas las partes estudiadas de la planta.

En la Fig. 1 se observa la regresión del contenido de manganeso en la planta de frijol y sus órganos vegetativos, sobre el contenido de dicho elemento en el substrato, encontrándose una dependencia casi perfecta de la primera variable (contenido en la planta) sobre la segunda, en el ámbito de 0 a 32 ppm. Los coeficientes de correlación respectivos son altamente significativos ( $P < 0,01$  y 8 grados de libertad,  $r=0,765$ ).

La acumulación del manganeso en las diferentes partes de la planta se presenta en el Cuadro 2. Las concentraciones internas óptimas de este elemento, o sea las encontradas en las plantas con mayor crecimiento, son: 48 ppm en la planta sin raíces, 35 en la hoja, cinco en el pecíolo y cuatro en el tallo. Bajo las condiciones del presente estudio se determinó que un contenido foliar (lámina únicamente) menor o mayor que 35 ppm estaba asociado con una disminución del crecimiento. Por otra parte, se encontró hasta 872 ppm del elemento en

Cuadro 1. Producción de materia seca (g/maceta) de frijol creciendo en soluciones con diferente nivel de manganeso\*.

Tratamiento ( ppm de manganeso en el sustrato )	Planta entera	Hojas	Tallos	Pecíolos	Raíces	Total 4 plantas	
0,0	3,59	8,14	2,37	1,70	2,95	18,75	
0,125	7,82	11,09	4,73	3,05	4,76	31,46	
0,25	4,52	8,22	3,18	2,00	3,13	21,08	
0,5	2,54	4,82	1,93	1,00	2,22	12,53	
1,0	3,15	5,31	2,34	1,42	3,40	15,63	
2,0	1,65	3,16	1,18	0,35	1,60	7,95	
4,0	2,07	3,00	1,22	0,64	2,41	9,34	
8,0	0,63	0,87	0,47	0,21	1,40	3,58	
16,0	0,46	0,46	0,27	0,11	1,37	2,67	
32,0	0,53*	0,29	0,13	0,05	0,89	1,89	
D.M.S.	0,05	2,96	3,05	0,96	0,76	0,89	7,24
	0,01	4,05	4,18	1,31	1,04	1,21	9,91
C. V. %		64,12	39,21	31,35	42,18	21,39	33,78

\* Promedios de tres repeticiones.

cuestión en hojas de plantas severamente intoxicadas. En la planta entera, pecíolos y tallos, los tenores encontrados fueron aún mayores.

Un contenido de 1000 ppm en la planta ha sido sugerido como nivel tóxico de manganeso para otras variedades del género *Phaseolus* (4, 9). Jackson, Westermann y Moore (8) indican que la toxicidad de manganeso puede presentarse cuando se encuentran de 600 a 800 ppm del elemento en las hojas de frijol, valores más altos que los encontrados en la presente investigación. Se ha reportado (2) que el abonamiento con altas dosis en bandas (320 y 640 kg/ha) indujo toxicidad de manganeso, aparentemente debido a la solubilización que se produjo al bajar el pH del suelo de 4,8 a 4,1. La toxicidad se observó a 400 ppm de manganeso en las hojas, pero el rendimiento cayó de 2,4 a 1,7 toneladas de frijol/ha cuando el contenido foliar pasó de 200 ppm de manganeso.

Morris y Pierre (10) encontraron un efecto adverso en el crecimiento de lespedeza, trébol dulce, soya, chícharos de vaca y maní al usar canti-

dades de manganeso entre 0 y 1 ppm. Según Yamasaki (12), Ishizuka *et al.* determinaron que concentraciones de manganeso entre 0,1 y 10 ppm aumentaron la cosecha en plantas de arroz, siendo detrimental el efecto arriba de esta cantidad.

Las fracciones de nitrógeno soluble (NTSA, NOSA y N-NO<sub>3</sub>) encontrado en el presente trabajo correspondientes a la planta entera, láminas de hojas y pecíolos, se consignan en el Cuadro 3. Se puede observar que en las hojas, la fracción nítrica disminuyó desde aproximadamente 2200 ppm hasta 870 ppm ( $P < 0,01$ ) cuando la concentración de manganeso en la solución nutritiva aumentó de 0 hasta 0,5 ppm. Por otra parte, los tenores de manganeso en la hoja, correspondientes a estas cantidades en el sustrato oscilaron entre 7 y 164 ppm, respectivamente. Al no haber diferencias significativas entre los contenidos de nitrógeno reducido y total soluble en agua (excepto en las hojas) se supone que la falta de manganeso interfirió con el mecanismo de reducción de nitratos, probablemente al no activarse la reductasa respec-

Cuadro 2. Distribución y acumulamiento de manganeso ( ppm ) en la planta de frijol\*.

Tratamiento ( ppm de manganeso en el sustrato )	Planta entera	Hojas	Tallos	Pecíolos
0	34	7	0	0
0,125	48	35	4	5
0,25	60	79	19	34
0,5	128	164	49	121
1,0	96	187	34	62
2,0	220	216	121	212
4,0	443	436	302	68
8,0	580	519	839	1077
16,0	1238	519	1289	921
32,0	1042	872	2009	1696
D.M.S. 0,05	767	149	133	812
0,01	1050	205	183	1112
C.V. %	114,9	28,7	16,7	112,8

\* Promedios de análisis duplicados de tres repeticiones.

tiva. Este fenómeno fue reportado por Mulder y Gerretsen (11) al referirse a investigaciones de Loper, quien encontró una acumulación de nitrato en las hojas de plantas de avena y "canary grass" deficientes de manganeso. Cabe destacar que esta función específica del manganeso en la activación del sistema enzimático responsable de la reducción de los nitratos sólo se ha comprobado en plantas inferiores (3).

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que una concentración de manganeso

mayor de 0,125 ppm en la solución nutritiva causa una disminución en el crecimiento de las plantas de frijol, bajo las condiciones experimentales de este trabajo. Además, se concluye que las láminas de las hojas constituyen la parte de la planta de frijol más representativa para el diagnóstico del estado de nutrición por manganeso. Se estableció un nivel crítico tentativo de 35 ppm de este elemento en la lámina de la hoja. La carencia de manganeso en el medio nutritivo causó un acúmulo de nitratos en las láminas de las hojas.

Cuadro 3. Acumulamiento de nitrógeno soluble ( ppm ) en la planta de frijol en relación al contenido de manganeso en el sustrato.

Tratamiento ( ppm de manganeso en el sustrato )	Nitrógeno total soluble en agua			Nitrógeno orgánico soluble en agua			Nitrógeno de nitratos			
	Planta entera	Hojas	Pecíolos	Planta entera	Hojas	Pecíolos	Planta entera	Hojas	Pecíolos	
0	5127	2862	11883	983	664	1462	4145	2197	10421	
0,125	3450	1461	8738	911	628	1309	2539	833	7723	
0,25	1779	1739	7463	773	592	1173	1006	1147	6289	
0,5	2863	1509	6757	1078	640	1020	1785	869	5737	
1,0	2252	1413	8313	827	543	1504	1425	870	6358	
2,0	2876	1232	3060	1045	616	1020	1831	616	2040	
4,0	3450	1304	—	1078	652	—	2372	652	—	
8,0	2505	1050	—	1307	616	—	1198	434	—	
16,0	—	699	—	—	381	—	—	318	—	
D.M.S.	0,05							495,4		
	0,01	n.s.	629	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	673,4	n.s.	
C. V. %		32,96	23,92	61,09	26,20	19,71	24,0	43,3	31,0	70,9

... in relation to plant growth ...  
... Agronomy IV: 221-227 ...

... in relation to plant growth ...  
... Agronomy IV: 221-227 ...

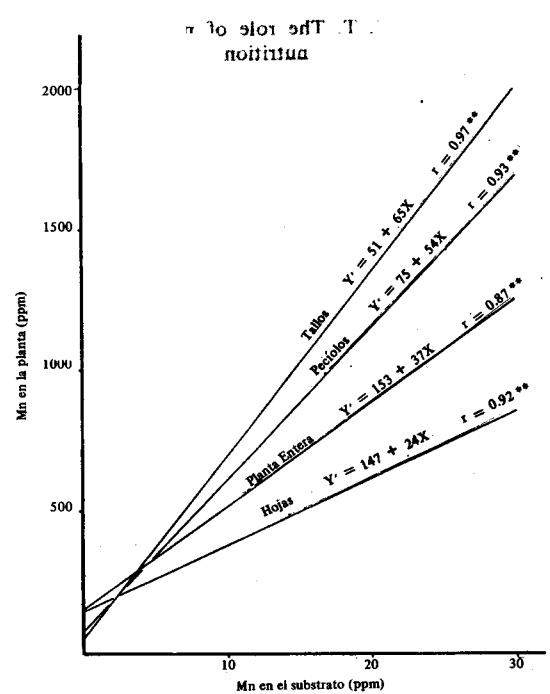


Fig.1. Regresión del contenido de manganeso en diferentes órganos y en la planta entera de frijol sobre la concentración de dicho elemento en la solución nutritiva.

RESUMEN

Se llevó a cabo un estudio de invernadero para observar la respuesta de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), a diferentes concentraciones de manganeso en la solución nutritiva. Se evaluó el crecimiento, la acumulación de manganeso y las fracciones nitrogenadas solubles dentro de la planta.

Se encontró una relación negativa entre el peso seco de las plantas y la concentración de manganeso en las soluciones nutritivas, cuando ésta superó el nivel de 0,125 ppm. La concentración de manganeso en la planta se relacionó positivamente con la correspondiente al sustrato.

El nivel crítico de manganeso en la lámina de la hoja se fijó tentativamente en 35 ppm. Diferentes síntomas de toxicidad se manifestaron a concentraciones mayores. Entre los órganos de la planta de frijol común, la lámina de la hoja resultó ser el más apto para diagnosticar el manganeso.

La carencia de manganeso provocó un aumento de nitrato en las hojas.

## LITERATURA CITADA

1. CARVAJAL, J. F. El diagnóstico del estado de nutrición del caféto (*Coffea arabica* L.) con base en la acumulación de nitrógeno y fósforo soluble en las hojas. Documento de Trabajo Ce/65/2. Primer Período de Sesiones del Grupo Técnico de Trabajo sobre Producción y Protección del Café. FAO. Río de Janeiro, Brasil. 1965. 14 p.
2. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, CIAT. Programa de Frijol, 1977. Informe Anual de CIAT, 1977. Cali, Colombia. 1978. p. B-61-62.
3. EVANS, J. F. y SORGER, G. J. Role of mineral elements with emphasis on the univalent cations. Annual Review of Plant Physiology 17:46-76. 1966.
4. FERGUS, I. F. Manganese toxicity in an acid soil. Queensland Journal of Agricultural Science 11: 15-27. 1954.
5. GIESEKING, J. E., SNIDER, H. J. y GETZ, C. A. Destruction of organic matter in plant material by the use of nitric and perchloric acids. Industrial and Engineering Analytical Edition 7: 185-186. 1935.
6. HOAGLAND, D. R. y ARNON, D. L. The water culture method for growing plants without soils. California Agriculture Experimental Station Circular 347. 1950. 32 p.
7. JACKSON, M. L. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. 1958. p. 105-106.
8. JACKSON, T. L., WESTERMANN, D. T. y MOORE, D. P. The effect of chloride and lime on the manganese uptake by bush beans and sweet corn. Soil Science Society of America Proceedings 30: 70-73. 1966.
9. LOHNIS, M. P. Manganese toxicity in field and market garden crops. Plant and Soil 3: 193-222. 1951.
10. MORRIS, H. D. y PIERRE, W. H. Minimum concentration of manganese necessary for injury to various legumes in culture solutions. Agronomy Journal 41: 107-112. 1949.
11. MULDER, E. G. y GERRETSEN, F. C. Soil manganese in relation to plant growth. Advances in Agronomy IV: 221-227. 1952. p. 271.
12. YAMASAKI, T. The role of microelements. In: The mineral nutrition of the rice plant. The International Rice Research Institute. The John Hopkins Press, Baltimore, Madison. 1964. p. 108-109.