

## INFLUENCIA DEL MANGANESO Y DIFERENTES TEMPERATURAS AMBIENTALES SOBRE EL CRECIMIENTO Y ABSORCIÓN DE MANGANESO EN SOJA (*Glycine max* (L.) Merr.)

J. M. Romera y M. Gómez

*Est. Exp. del Zaidín (CSIC). Aptdo. 419. 18080 Granada.*

### RESUMEN

Se cultivaron plantas de soja (cv Williams) en cámara de crecimiento en soluciones nutritivas con diferente concentración de Mn ( $22.75 \cdot 10^{-5}$ ,  $22.75 \cdot 10^{-4}$ ,  $22.75 \cdot 10^{-3}$ ,  $91.00 \cdot 10^{-3} \text{ mol m}^{-3}$ ). Se ha ensayado el efecto de distintas temperaturas diurnas (18, 22, 26 y  $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Las plantas se recolectaron a partir del estado vegetativo V3 determinándose los pesos secos de hojas, tallos y raíces.

El análisis del crecimiento refleja diferentes respuestas de los materiales vegetales estudiados en función de la temperatura y nivel de Mn aplicado. Con la temperatura de  $26 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $22.75 \cdot 10^{-3} \text{ mol m}^{-3}$  de Mn se obtienen, cuantitativamente, los mejores resultados.

La absorción máxima de Mn en hoja, en etapas avanzadas del crecimiento, corresponde a una temperatura diurna de  $26 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $91.00 \cdot 10^{-3} \text{ mol m}^{-3}$  del Mn.

Palabras clave: Mn, soja, temperatura, crecimiento, absorción.

### SUMMARY

#### INFLUENCE OF Mn AND TEMPERATURE VARIATIONS ON GROWTH AND Mn UPTAKE IN SOYBEAN PLANTS

Soybean plants (cv Williams) were grown under growth chamber conditions in nutrient solutions containing different Mn concentrations ( $22.75 \cdot 10^{-5}$ ,  $22.75 \cdot 10^{-4}$ ,  $22.75 \cdot 10^{-3}$  and  $91.00 \cdot 10^{-3} \text{ mol m}^{-3}$ ). The influence of daytime temperature levels (18, 22, 26 and  $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) was studied. Leaf area and leaves, stems, roots dry matter were determined in plants from the second trifoliolate stage (V3).

The analysis of growth in plants sample showed different behaviours to Mn and temperature levels assayed. The best results were obtained with  $26 \text{ }^{\circ}\text{C}$  and Mn  $22.75 \cdot 10^{-3} \text{ mol m}^{-3}$ .

The greatest Mn uptake in leaves, at advanced growth stages, was obtained with  $26 \text{ }^{\circ}\text{C}$  and Mn  $91.00 \cdot 10^{-3} \text{ mol m}^{-3}$ .

Key words: Mn, temperature, soybean, growth, uptake.

## INTRODUCCION

Los cultivares de soja responden de forma diferente a la disponibilidad de elementos minerales y factores ambientales. Las condiciones ambientales pueden afectar a la deficiencia de Mn, ya que parece manifestarse más frecuentemente en verano que en primavera, como consecuencia de la temperatura (Karlen *et al.*, 1982).

Diversas investigaciones realizadas en ensayos de campo, (Scott y Batchelor, 1979; Scott *et al.*, 1983) se refieren al total de la planta de soja, no teniendo en cuenta las variaciones en las diferentes etapas del crecimiento, ni en las distintas partes de la planta.

La información bibliográfica acerca de la influencia de la edad de la planta sobre las variaciones en la distribución morfológica de micronutrientes en ensayos de soja es bastante reducida. Dicha información se hace todavía más limitada

cuando se tienen en cuenta las características del cultivo porque la mayoría de la información disponible (Hanway *et al.*, 1984) lo es sobre cultivares indeterminados y muy poca se refiere a cultivares específicos (Ghazali y Cox, 1981; Ohki, 1981; Karlen *et al.*, 1982).

En soja se han descrito respuestas de tolerancia o sensibilidad al aporte de Mn (Ohki, 1981; Mascagni y Cox, 1985; Leidi *et al.*, 1987; Ohki, 1987). Así como el efecto de variaciones en parámetros ambientales (Ghazali y Cox, 1981; Mascarenhas *et al.*, 1985).

En el presente trabajo se estudian algunos de los efectos causados por la disponibilidad de diferentes niveles de Mn y variaciones en la temperatura ambiental diurna, sobre algunos parámetros de crecimiento en las distintas partes de la planta, así como en la absorción de Mn.

## MATERIAL Y METODOS

Semillas de soja (*Glycine max* (L.) Merr) cv Williams se hicieron germinar a 25 °C. Cuando las plántulas alcanzaron el estado cotiledonar VC (Fehr y Cavines, 1977) se trasplantaron a recipientes (2.5 litros; 5 plantas) con solución nutritiva (pH = 5.0) que tenía la siguiente composición (mol m<sup>-3</sup>): N, 10.0; P, 0.5; S, 2.0; K, 5.0; Ca, 4.5; Mg, 1.5; (10<sup>-3</sup> mol m<sup>-3</sup>): B, 46.2; Cu, 0.8; Zn, 0.8; Mo, 0.05; Fe, 89.5.

La aireación continua se mantuvo controlada.

Los tratamientos consistieron en cuatro niveles de Mn en solución nutritiva (Mn-1: 22.75 10<sup>-5</sup>; Mn-2 22.75 10<sup>-4</sup>; Mn-3: 22.75 10<sup>-3</sup>; Mn-4 91.00 mol m<sup>-3</sup>), utilizando SO<sub>4</sub>Mn. H<sub>2</sub>O.

Los diferentes experimentos se han efectuado en cámara de cultivo (Conviron; PGV-36) bajo las condiciones ambientales que se especifican:

| <u>Ensayo:</u>                               | <u>E-1</u> | <u>E-2</u> | <u>E-3</u> | <u>E-4</u> |
|--|------------|------------|------------|------------|
| Temp. Día/Noche) (°C).....                   | 18/18      | 22/18      | 26/18      | 30/18      |
| Hum. relativa (D/N) (%)                      | 60/80      | 60/80      | 60/80      | 60/80      |
| Iluminación (D/N) (h)                        | 14/10      | 14/10      | 14/10      | 14/10      |
| PAR ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) | 390/0      | 390/0      | 390/0      | 390/0      |

Las plantas se muestrearon a los 7, 10, 14, 17 y 21 días de crecimiento en cámara de cultivo, efectuando la recolección de una planta de cada uno de los recipientes que componen las repeticiones del nivel de Mn aplicado.

Las plantas se fraccionaron en: hojas, tallos (incluyendo pecíolos) y raíces. Las raíces fueron lavadas por inmersión en agua desmineralizada. Para la determinación del área foliar se utilizó el medidor LICOR (LI-3000) y para el peso seco, estufa

con aireación forzada (70 °C; 48 h) y balanza analítica. El análisis de las concentraciones de Mn en las distintas fracciones, se realizó por espectrofotometría de absorción atómica (C. I. I. A. F., 1973) y por triplicado.

Todos los resultados experimentales proceden de cuatro repeticiones. Se ha efectuado el análisis de la varianza (ANDEVA) de cada parámetro estudiado, con objeto de calcular el nivel de probabilidad del efecto estudiado y la estimación múltiple de medias (test de Duncan).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### *Crecimiento*

Los niveles de Mn aplicados y la temperatura diurna determinan variaciones en el área foliar y peso seco de hojas (Tabla 1), que se hacen más acusadas con la edad de la planta. Los valores obtenidos correspondientes a un determinado nivel de Mn, varían en función de la temperatura diurna. Hay un progresivo incremento hasta que se alcanza la temperatura de 26 °C (E-3), pero si se continúa aumentando la temperatura (E-4), se advierte una disminución global del área foliar y peso seco

de hojas. El valor máximo de ambos parámetros corresponde al nivel Mn-3 en E-3.

Los crecimientos máximos del tallo (Tabla 1) corresponden al nivel Mn-3 y temperatura de 26 °C, pero las diferencias frente a los restantes niveles son proporcionalmente más acusadas cuanto menor es la edad fisiológica de las plantas.

Las respuestas que experimenta el crecimiento de la raíz (Tabla 1) frente a las disponibilidades de Mn son muy acusadas en los diferentes ensayos, excepto cuando la tempera-

TABLA 1

Valores medios de cuatro repeticiones correspondientes al área foliar (AF:  $10^{-4} m^2$  planta $^{-1}$ ) y pesos secos (g planta $^{-1}$ ) de hoja (PSH), tallo (PST) y raíz (PSR). Mínima diferencia significativa (MDS:  $P = 0.05$ ); test de Duncan..

| Rgda.    | Niveles de manganeso |        |        |        | MDS<br>0.05 | ANDEVA<br>Prob. (P) |
|----------|----------------------|--------|--------|--------|-------------|---------------------|
|          | Mn - 1               | Mn - 2 | Mn - 3 | Mn - 4 |             |                     |
| ENSAYO 1 |                      |        |        |        |             |                     |
| 1 - AF   | 3.60                 | 5.12   | 6.62   | 5.82   | 1.08        | ***                 |
| PSH      | .008                 | .023   | .035   | .026   | .007        | ***                 |
| PST      | .012                 | .024   | .046   | .030   | .009        | ***                 |
| PSR      | .007                 | .026   | .041   | .017   | .010        | ***                 |
| 2 - AF   | 10.4                 | 17.3   | 29.0   | 22.7   | 5.58        | ***                 |
| PSH      | .026                 | .053   | .081   | .077   | .022        | ***                 |
| PST      | .020                 | .035   | .044   | .043   | .008        | ***                 |
| PSR      | .016                 | .030   | .043   | .040   | .012        | **                  |
| 3 - AF   | 38.4                 | 63.8   | 76.8   | 62.6   | 9.84        | ***                 |
| PSH      | .099                 | .214   | .238   | .186   | .031        | ***                 |
| PST      | .045                 | .078   | .086   | .081   | .017        | ***                 |
| PSR      | .038                 | .082   | .103   | .082   | .018        | ***                 |
| 4 - AF   | 87.8                 | 162.6  | 146.7  | 129.3  | 29.5        | ***                 |
| PSH      | .246                 | .493   | .446   | .387   | .099        | ***                 |
| PST      | .091                 | .166   | .156   | .149   | .043        | *                   |
| PSR      | .081                 | .206   | .172   | .148   | .037        | ***                 |
| 5 - AF   | 178.4                | 257.4  | 275.4  | 228.2  | 23.7        | ***                 |
| PSH      | .461                 | .886   | .915   | .746   | .103        | ***                 |
| PST      | .162                 | .288   | .380   | .269   | .040        | ***                 |
| PSR      | .197                 | .376   | .387   | .350   | .063        | ***                 |
| ENSAYO 2 |                      |        |        |        |             |                     |
| 1 - AF   | 18.4                 | 23.3   | 53.6   | 43.5   | 5.20        | ***                 |
| PSH      | .051                 | .053   | .154   | .100   | .017        | ***                 |
| PST      | .034                 | .043   | .084   | .065   | .024        | **                  |
| PSR      | .018                 | .025   | .047   | .041   | .015        | **                  |
| 2 - AF   | 45.3                 | 41.0   | 96.3   | 81.8   | 23.4        | ***                 |
| PSH      | .109                 | .144   | .273   | .203   | .063        | ***                 |
| PST      | .063                 | .061   | .141   | .112   | .042        | **                  |
| PSR      | .036                 | .046   | .092   | .061   | .019        | ***                 |
| 3 - AF   | 124.6                | 137.9  | 205.0  | 173.5  | 37.0        | **                  |
| PSH      | .275                 | .479   | .552   | .472   | .073        | ***                 |
| PST      | .117                 | .189   | .297   | .248   | .046        | ***                 |
| PSR      | .086                 | .129   | .199   | .157   | .033        | ***                 |
| 4 - AF   | 160.5                | 327.7  | 349.8  | 334.7  | 41.9        | ***                 |
| PSH      | .385                 | .940   | 1.05   | .938   | .152        | ***                 |
| PST      | .156                 | .428   | .570   | .468   | .065        | ***                 |
| PSR      | .120                 | .324   | .351   | .339   | .106        | **                  |
| 5 - AF   | 393.9                | 452.9  | 582.8  | 488.4  | 42.7        | ***                 |
| PSH      | .976                 | 1.34   | 1.69   | 1.38   | .225        | ***                 |
| PST      | .421                 | .621   | .801   | .690   | .132        | ***                 |
| PSR      | .364                 | .588   | .942   | .635   | .132        | ***                 |

ANDEVA: P = 0.05 (\*) P = 0.01 (\*\*) P = 0.001 (\*\*\*)

TABLA 1 (Continuación)

Valores medios de cuatro repeticiones correspondientes al área foliar (AF:  $10^{-4} m^2$  planta $^{-1}$ ) y pesos secos (g planta $^{-1}$ ) de hoja (PSH), tallo (PST) y raíz (PSR). Mínima diferencia significativa (MDS:  $P = 0.05$ ); test de Duncan.

| Rgda.    | Niveles de manganeso |        |        |        | MDS<br>0.05 | ANDEVA<br>Prob. (P ) |
|----------|----------------------|--------|--------|--------|-------------|----------------------|
|          | Mn - 1               | Mn - 2 | Mn - 3 | Mn - 4 |             |                      |
| ENSAYO 3 |                      |        |        |        |             |                      |
| 1 - AF   | 15.5                 | 23.7   | 77.8   | 41.0   | 32.8        | **                   |
| PSH      | .056                 | .092   | .315   | .166   | .164        | *                    |
| PSR      | .023                 | .037   | .104   | .059   | .043        | **                   |
| PSR      | .021                 | .038   | .118   | .051   | .054        | *                    |
| 2 - AF   | 103.9                | 124.4  | 271.8  | 209.8  | 75.4        | **                   |
| PSH      | .315                 | .358   | 1.00   | .808   | .331        | **                   |
| PST      | .134                 | .177   | .401   | .317   | .165        | *                    |
| PSR      | .111                 | .148   | .255   | .227   | .093        | *                    |
| 3 - AF   | 141.4                | 314.6  | 378.4  | 334.5  | 93.5        | **                   |
| PSH      | .364                 | 1.17   | 1.46   | 1.32   | .437        | **                   |
| PST      | .177                 | .553   | .844   | .583   | .149        | ***                  |
| PSR      | .184                 | .396   | .633   | .594   | .315        | *                    |
| 4 - AF   | 231.6                | 771.3  | 853.9  | 673.4  | 242.6       | **                   |
| PSH      | .773                 | 3.29   | 3.38   | 2.82   | 1.31        | **                   |
| PST      | .278                 | 1.71   | 1.59   | 1.40   | .433        | ***                  |
| PSR      | .260                 | 1.39   | 1.94   | 1.39   | .973        | *                    |
| 5 - AF   | 421.8                | 971.0  | 1126   | 969.1  | 238.9       | **                   |
| PSH      | 1.69                 | 3.96   | 5.18   | 4.15   | 1.43        | **                   |
| PST      | 1.12                 | 2.28   | 2.45   | 2.29   | .987        | *                    |
| PSR      | 1.08                 | 2.98   | 3.59   | 2.73   | .711        | **                   |
| ENSAYO 4 |                      |        |        |        |             |                      |
| 1 - AF   | 17.9                 | 25.6   | 83.9   | 57.8   | 30.9        | **                   |
| PSH      | .056                 | .089   | .335   | .188   | .136        | **                   |
| PST      | .033                 | .041   | .105   | .057   | .046        | *                    |
| PSR      | .025                 | 0.37   | .123   | .056   | .045        | **                   |
| 2 - AF   | 63.2                 | 83.5   | 192.3  | 181.7  | 81.9        | *                    |
| PSH      | .189                 | .293   | .790   | .744   | .353        | *                    |
| PST      | .067                 | .091   | .305   | .254   | .124        | **                   |
| PSR      | .072                 | .101   | .307   | .275   | .144        | *                    |
| 3 - AF   | 135.1                | 243.8  | 407.4  | 280.6  | 35.8        | ***                  |
| PSH      | .490                 | .893   | 1.88   | 1.21   | .258        | ***                  |
| PST      | .210                 | .320   | .819   | .469   | .245        | **                   |
| PSR      | .191                 | .437   | .858   | .500   | .188        | ***                  |
| 4 - AF   | 338.7                | 501.2  | 596.2  | 595.3  | 95.6        | **                   |
| PSH      | 1.01                 | 1.73   | 2.51   | 2.48   | .314        | ***                  |
| PST      | .478                 | .779   | 1.51   | 1.19   | .417        | **                   |
| PSR      | .537                 | .944   | 2.14   | 1.85   | .463        | ***                  |
| 5 - AF   | 670.5                | 853.4  | 991.3  | 897.1  | 98.2        | **                   |
| PSH      | 1.95                 | 2.80   | 3.63   | 3.27   | .556        | **                   |
| PST      | 1.02                 | 1.71   | 2.42   | 1.91   | .534        | **                   |
| PSR      | 1.04                 | 2.07   | 2.75   | 2.28   | .569        | **                   |

ANDEVA: P = 0.05 (\*) P = 0.01 (\*\*) P = 0.001 (\*\*\*)

tura es constante (18 °C; E-1). Las diferencias que se obtienen entre cualquier nivel frente al más bajo (Mn-1) son siempre significativas.

### Absorción

El efecto de los tratamientos y condiciones ambientales determina variaciones significativas en la absorción de Mn por hoja (Tabla 2). Este efecto se hace más acusado, en todas las recogidas excepto la inicial, cuando la temperatura alcanza los 26 °C (E-3) y la planta una edad intermedia.

La absorción de Mn por el tallo (Tabla 2) se hace más acusada cuando la planta está finalizando su ciclo y la temperatura diurna no supera los 22 °C (E-1 y E-2).

La absorción de Mn por la raíz (Tabla 2) correspondiente a los niveles superiores (Mn-3 y Mn-4) difieren significativamente frente a los más bajos, cuando las temperaturas diurnas son poco elevadas (18 y 22 °C).

Los resultados experimentales relativos al crecimiento absoluto (área foliar y pesos secos) son bastante coincidentes con los conseguidos por otros investigadores (Scott *et al.*, 1983; Leidi y Gómez, 1986). También Ohki (1981) trabajando sobre el cv Bragg llega a establecer unos modelos de crecimiento que presentan cierta similitud con los resultados obtenidos.

El hecho de que en todos los ensayos realizados, para los niveles extremos de Mn, se manifieste una reducción del crecimiento es coincidente con los resultados de Heenan y Campbell (1980 b) sobre los cultivares Bragg y Lee, también Mn-sensible como el ensayado por nosotros (cv Williams)

Con la temperatura diurna más

elevada se obtiene una menor área foliar y peso seco total, lo cual puede explicarse debido a que el aumento de temperatura produce variaciones en las demandas funcionales de Mn (Ghazali y Cox, 1981); tal acumulación del elemento nutritivo determina una reducción del peso seco, que es más acusada para el nivel considerado óptimo y, especialmente, en las hojas en estado de madurez reciente o juvenil. Otra posible explicación de la reducción del área foliar puede deberse a que al principio (7 días; recogida 1) no se manifieste, de forma destacable, el efecto de la temperatura, mientras que en la recogida siguiente (10 días) ya si ha transcurrido tiempo suficiente para que la planta acuse el efecto térmico (Mascarenhas *et al.*, 1985).

Cuando el aporte de Mn es bajo (Mn-1), en épocas más avanzadas (R-4 y R-5) del cultivo y cuando la temperatura es máxima (E-4), no se observa disminución de los pesos secos de las hojas frente a los conseguidos con una temperatura óptima (E-3) en los restantes niveles. Estos resultados podrían explicarse por el hecho de que la temperatura mayor determina un incremento del crecimiento de la hoja (Osmond *et al.*, 1980).

Si la temperatura diurna es máxima, el hecho de que no lleguen a ser significativos los pesos secos de hojas correspondientes a los niveles Mn-3 y Mn-4 puede ser debido a la posible existencia de sucesivas etapas (recogidas 1 y 3) de fuerte respuesta, seguidas de etapas (recogidas 2 y 4) de relativa ralentización de la respuesta, y aunque en la última recogida llega a existir respuesta, sin embargo no

TABLA 2

Valores medios de cuatro repeticiones correspondientes a la absorción de manganeso ( $10^{-6} \text{ g g}^{-1}$ ) de hoja (H), tallo (T) y raíz (R) de planta de soja cv Williams. Mínima diferencia significativa (MDS:  $P = 0.05$ ); test de Duncan.

| Rgda. | Niveles de Manganeso |        |        |        | MDS<br>0.05 | Niveles de Manganeso |        |        |        | MDS<br>0.05 |
|-------|----------------------|--------|--------|--------|-------------|----------------------|--------|--------|--------|-------------|
|       | Mn - 1               | Mn - 2 | Mn - 3 | Mn - 4 |             | Mn - 1               | Mn - 2 | Mn - 3 | Mn - 4 |             |
|       | ENSAYO 1             |        |        |        |             | ENSAYO 2             |        |        |        |             |
| 1 - H | 0.2                  | 1.0    | 2.4    | 3.6    | 0.6         | 0.9                  | 2.0    | 2.6    | 12.9   | 1.4         |
| T     | 0.4                  | 0.7    | 2.7    | 5.7    | 0.7         | 0.6                  | 1.8    | 2.4    | 7.3    | 1.4         |
| R     | 0.4                  | 3.8    | 50.2   | 86.5   | 28.6        | 1.5                  | 7.3    | 41.7   | 187.2  | 34.1        |
| 2 - H | 0.7                  | 1.8    | 6.3    | 11.8   | 2.5         | 1.3                  | 4.5    | 16.0   | 22.5   | 4.5         |
| T     | 0.3                  | 0.6    | 1.8    | 6.0    | 0.9         | 0.6                  | 1.3    | 3.7    | 7.9    | 2.0         |
| R     | 0.4                  | 3.3    | 55.9   | 292.4  | 59.3        | 1.4                  | 11.3   | 68.3   | 252.8  | 54.1        |
| 3 - H | 1.8                  | 7.9    | 18.1   | 30.5   | 3.1         | 3.9                  | 16.1   | 38.5   | 57.7   | 7.7         |
| T     | 0.5                  | 1.3    | 3.0    | 9.2    | 1.2         | 1.2                  | 3.4    | 6.6    | 8.4    | 1.4         |
| R     | 1.2                  | 9.1    | 166.7  | 714.9  | 93.3        | 2.3                  | 19.4   | 198.2  | 571.8  | 69.3        |
| 4 - H | 3.5                  | 17.1   | 34.1   | 55.1   | 9.3         | 7.1                  | 45.8   | 68.5   | 107.4  | 11.1        |
| T     | 1.2                  | 2.7    | 5.3    | 12.1   | 2.4         | 1.4                  | 9.7    | 8.3    | 15.1   | 2.1         |
| R     | 1.6                  | 13.4   | 239.6  | 965.6  | 184.6       | 5.5                  | 12.3   | 269.0  | 1285   | 252.3       |
| 5 - H | 5.8                  | 27.1   | 65.6   | 92.3   | 8.3         | 15.0                 | 45.2   | 92.6   | 129.0  | 16.7        |
| T     | 1.6                  | 3.8    | 9.6    | 15.5   | 1.4         | 4.4                  | 8.7    | 11.4   | 16.7   | 2.3         |
| R     | 5.9                  | 21.0   | 404.1  | 2206   | 209.7       | 6.7                  | 49.2   | 356.9  | 1007   | 149.7       |

ANDEVA: Todos los tratamientos  $P = 0.001$ , excepto: \*\* ( $P = 0.01$ ) \* ( $P = 0.05$ ).

TABLA 2 (Continuación)

Valores medios de cuatro repeticiones correspondientes a la absorción de manganeso ( $10^{-6} \text{ g g}^{-1}$ ) de hoja (H), tallo (T) y raíz (R) de planta de soja cv Williams. Mínima diferencia significativa (MDS:  $P = 0.05$ ); test de Duncan.

| Rgda. | Niveles de Manganeso |        |        |        | MDS<br>0,05 | Niveles de Manganeso |        |        |        | MDS<br>0,05 |
|-------|----------------------|--------|--------|--------|-------------|----------------------|--------|--------|--------|-------------|
|       | Mn - 1               | Mn - 2 | Mn - 3 | Mn - 4 |             | Mn - 1               | Mn - 2 | Mn - 3 | Mn - 4 |             |
|       | ENSAYO 3             |        |        |        |             | ENSAYO 4             |        |        |        |             |
| 1 - H | 1.1                  | 2.4    | 17.4   | 20.4   | 11.4**      | 1.2                  | 2.4    | 4.9    | 9.1    | 5.0*        |
| T     | 0.3                  | 0.6    | 2.3    | 2.8    | 1.3**       | 0.4                  | 0.9    | 2.2    | 4.3    | 2.4*        |
| R     | 1.0                  | 3.3    | 86.9   | 259.9  | 109.9**     | 1.3                  | 7.0    | 139.3  | 189.6  | 110.1*      |
| 2 - H | 4.3                  | 5.3    | 47.2   | 57.8   | 19.9        | 5.6                  | 6.8    | 30.1   | 91.1   | 42.0**      |
| T     | 1.0                  | 1.5    | 4.7    | 7.5    | 2.9**       | 0.5                  | 1.1    | 3.4    | 6.2    | 2.7**       |
| R     | 5.2                  | 4.9    | 103.9  | 579.5  | 113.5       | 1.8                  | 7.3    | 146.5  | 1185   | 617.0**     |
| 3 - H | 5.3                  | 31.0   | 81.4   | 139.2  | 31.8        | 8.6                  | 13.8   | 91.9   | 139.3  | 14.2        |
| T     | 1.7                  | 6.7    | 17.9   | 21.4   | 3.0         | 2.4                  | 2.6    | 12.4   | 9.7    | 3.6         |
| R     | 4.2                  | 74.9   | 340.6  | 1684   | 743.1**     | 7.7                  | 12.8   | 710.7  | 1037   | 180.1       |
| 4 - H | 21.4                 | 100.6  | 176.5  | 270.7  | 67.2        | 18.2                 | 30.3   | 91.4   | 235.0  | 13.8        |
| T     | 5.5                  | 28.1   | 25.0   | 23.7   | 7.1         | 3.1                  | 6.0    | 14.9   | 22.7   | 4.6         |
| R     | 43.0                 | 181.2  | 1042   | 3099   | 796.9       | 7.8                  | 46.3   | 1124   | 1126   | 230.6       |
| 5 - H | 52.3                 | 101.8  | 263.2  | 363.5  | 79.7        | 30.1                 | 40.6   | 152.2  | 276.3  | 21.6        |
| T     | 22.3                 | 19.8   | 33.9   | 31.9   | —           | 5.8                  | 8.4    | 26.7   | 27.7   | 4.9         |
| R     | 51.0                 | 313.9  | 781.6  | 4009   | 1214        | 26.9                 | 47.5   | 191.6  | 1051   | 129.6       |

ANDEVA: Todos los tratamientos  $P = 0.001$ , excepto: \*\* ( $P = 0.01$ ) \* ( $P = 0.05$ ).

llega a ser significativamente diferente.

La relación existente entre el incremento en la disponibilidad del elemento nutritivo en el medio de cultivo y la absorción por la planta del nutriente objeto de nuestro estudio, indica la absorción directa del ión  $Mn^{2+}$ . Estos resultados son coincidentes con los conseguidos por otros autores que han trabajado con similar planta de cultivo (Ohki, 1976; Heenan y Campbell, 1980 a, b).

Dicha absorción quizás sea debida a una difusión pasiva motivada por la diferencia de potencial eléctrico que tiene su origen en la bomba de protones (Marre *et al.*, 1982), sin la participación de procesos metabólicos previos: así pues, el manganeso, que es suministrado como  $Mn^{2+}$ , sólo debería atravesar el plasmalema en función de un gradiente de potencial eléctrico, y la única restricción a esta entrada sería la motivada por otros iones ( $Fe^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ) que compartieran el mismo transportador (Landi y Fagioli, 1983; Harrison *et al.*, 1983).

Cuando se lleva a cabo la aplicación de aquellos niveles más deficientes (Mn-2 y, especialmente, Mn-1) en las recogidas más avanzadas y temperatura diurna de cultivo más baja, la disminución de concentración del nutriente puede motivar una redistribución limitada (Heenan y Campbell, 1980 b) debido a la inmovilidad del Mn por el floema (Nable y Loneragan, 1984), lo cual contradice los resultados obtenidos en leguminosas por los investigadores citados anteriormente, en que indicaban la posible redistribución del manganeso por esta vía.

El comportamiento de tolerancia o susceptibilidad frente a niveles elevados de manganeso es una característica que está ligada, fundamentalmente, a diferencias genéticas de comportamiento de los tejidos y no a la absorción total o a la distribución del elemento en exceso (Brown y Jones, 1977; Foy *et al.*, 1978; Brown y Devine, 1980; Heenan y Campbell, 1980 b). Este tipo de respuesta excluye a especies, relacionadas en comportamiento como las leguminosas (Kohn *et al.*, 1984), del grupo de plantas que reaccionan al exceso de iones metálicos limitando su transporte desde la raíz hacia la parte aérea (Foy *et al.*, 1978; Woolhouse, 1983). En el cultivar ensayado, se muestran los porcentajes más elevados de retención de Mn en raíces, si bien las absorciones de Mn fueron diferentes en los distintos ensayos realizados.

Las posibles relaciones existentes entre la eficiencia en la absorción de Fe, que es un factor dependiente del genotipo de las raíces, y la tolerancia a un aporte excesivo de Mn ha sido estudiada por Brown y Jones (1977), observando que la tolerancia dependía de la parte aérea y no estaba controlada por las raíces, como ocurría en otras especies vegetales. La planta objeto de nuestro estudio (cv Williams), tiene gran capacidad de reducción de  $Fe^{3+}$  a  $Fe^{2+}$  alterándose el balance  $Mn^{2+}/Mn^{4+}$  (Brown y Devine, 1980). Así pues, una mayor proporción de  $Mn^{2+}$ , que es el ión activo o funcional, puede explicar la mayor susceptibilidad frente a niveles excesivos de Mn demostrada por dicho cultivar.

## CONCLUSIONES

Los parámetros de crecimiento varían en función de la temperatura y nivel de Mn aplicado, siendo los valores óptimos  $26^{\circ}\text{C}$  y  $22.75 \cdot 10^{-3} \text{ mol m}^{-3}$ .

La absorción máxima de Mn en hoja corresponde a temperatura de  $26^{\circ}\text{C}$  y  $91.00 \cdot 10^{-3} \text{ mol m}^{-3}$ .

## BIBLIOGRAFIA

- BROWN, J. C. and DEVINE, T. E., 1980. Inheritance of tolerance or resistance to manganese toxicity in soybeans. *Agron. J.*, 71: 1015-1021.
- BROWN, J. C. and JONES, W. E., 1977. Manganese and iron toxicities dependent on soybean variety. *Commun. Soil Sci. and Plant Anal.*, 8: 1-15.
- C. I. A. F., 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.
- FEHR, W. R. and CAVINESS, C. E., 1977. Stages of soybean development. *Coop. Ext. Serv. Agric. Home Econom. Exp. St., Iowa St. Univ. Sci. Technol., Special Rep.*, 80.
- FOY, C. D., CHANEY, R. L. and WHITE, M. C., 1978. The physiology of metal toxicity in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 29: 511-566.
- GHAZALI, N. J. and COX, F. R., 1981. Effect of temperature on soybean growth and manganese accumulation. *Agron. J.*, 73: 363-367.
- HANWAY, J. J., DUNPHY, E. J., LOBERG, G. L. and SHIBLES, R. M., 1984. Dry weights and chemical composition of soybean plant parts through out the growing season. *J. Plant Nutr.*, 7: 1453-1475.
- HARRISON, S. J., LEPP, N. W. and PHIPPS, D. A., 1983. Copper uptake by excised roots. III. Effect of manganese on copper uptake. *Z. Pflanzenphysiol.*, 109: 285-289.
- HEENAN, D. P. and CAMPBELL, L., 1980 a. Growth, yield components and seed composition of two soybean cultivars as affected by manganese supply. *Aust. J. Agric. Res.*, 31: 471-476.
- HEENAN, D. P. and CAMPBELL, L., 1980 b. Transport and distribution of manganese in two cultivars of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Aust. J. Agric. Res.*, 31: 943-9.
- KARLEN, D. L., HUNT, P. G. and MATHENY, T. A., 1982. Accumulation and Distribution of P, Fe, Mn and Zn by selected Determinate Soybean Cultivars Grown with and without Irrigation. *Agron. J.*, 74: 297-303.
- KOHNO, Y., FOY, C. D., FLEMING, A. L. and KRIZEK, D. T., 1984. Effect of Mn concentration on growth and distribution of Mn and Fe in two bush bean cultivars grown in solution culture. *J. Plant Nutr.*, 7: 547-566.
- LANDI, S. and FAGIOLI, F., 1983. Efficiency of Manganese and Copper uptake by excised roots of maize genotypes. *J. Plant Nutr.*, 6: 957-970.
- LEIDI, E. O. y GOMEZ, M., 1986. Efecto de los niveles de Fe y Mn sobre el crecimiento de distintos cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merr.). *An. Edafol. Agrobiol.*, 45: 189-198.
- LEIDI, E. O., GOMEZ, M. and GUARDIA, M. D. 1987. Soybean genetic differences in response to Fe and Mn: Activity of metalloenzymes. *Plant and Soil*, 99: 139-146.

- MARRE, M. T., ROMANI, G. and COCUCCHI, M., 1982. Divalent cation influx depolarization of the transmembrane electric potential and proton extrusion in maize roots segment. En: Plasmalema and tonoplast: their functions in the plant cell. (D. Marme, E. Marré, R. Hertel (Eds), 3-13. Elsevier Biochemical Press. B. V.
- MASCAGNI, H. J. Jr. and COX, F. R., 1985. Critical levels of manganese in soybean leaves at various growth stages. *Agron. J.*, 77: 373-375.
- MASCARENHAS, A., ASSUNCAO, H., PIERRO, F. and SONIA, M., 1985. Soybean tolerance to manganese in nutrient solutions under three temperatures. *Bragantia*, 44: 531-539.
- MEDERSKI, H. J. and WILSON, J. O., 1955. Effect of soil temperature and soil moisture on manganese absorption by soybean plants. *Soil Sci. Soc. Ann. Proc.*, 19: 461-464.
- NABLE, R. O. and LONERAGAN, J. F., 1984. Translocation of manganese in subterranean clover (*Trifolium subterraneum* L. cv. Seaton Park). I. Redistribution during vegetative growth. *Aust. J. Plant Physiol.*, 11: 101-111.
- OHKI, K., 1976. Manganese deficiency and toxicity levels for Bragg soybeans. *Agron J.*, 68: 861-864.
- OHKI, K., 1981. Manganese critical levels for soybean growth and physiological processes. *J. Plant Nutr.*, 3: 271-84.
- OHKI, K., 1987. Critical nutrient levels related to plant growth and some physiological processes. *J. Plant Nutr.*, 10: 1583-1590.
- OSMOND, C. B., BJORKMAN, O. and ANDERSON, D. J., 1980. Physiological processes in plant ecology: Toward a synthesis with *Atriplex*. 117-126. Springer, Berlín.
- SCOTT, H. D. and BATCHELOR, J. T., 1979. Dry weight and leaf area production rates of irrigated determinate soybeans. *Agron. J.*, 71: 776-782.
- SCOTT, H. D., SOJKA, R. E. and KARLEN, D. L., 1983. Bragg soybeans grown on a southern coastal plains soil. I. Dry matter distribution, nodal growth analysis, and sample variability. *J. Plant Nutr.*, 6: 133-162.
- WOOLHOUSE, H. W., 1983. Toxicity and tolerance in the response of plant to metals. In: *Encyclopedia Plant Ecology. III. Responses to chemical and biological environment*. O. Lange, (Ed). 245-300. Springer-Verlag, Berlín.

*Recibido: 20-9-90.*

*Aceptado: 5-2-91.*