

ANALISIS DE LA INTERACCION LUZ-FORMA DE NUTRICION NITROGENADA EN PLANTAS DE TOMATE

P. Zornoza, I. Sanz y O. Carpena

*Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias.
Universidad Autónoma de Madrid.*

RESUMEN

En este trabajo se estudia la influencia de tres irradiancias (110, 220 y 300 W m⁻²) y tres relaciones NO₃⁻/NH₄⁺ (100/0, 80/20 y 60/40) sobre el crecimiento y composición química de plantas de tomate.

Las plantas cultivadas con la relación 60/40 presentaron una altura y peso inferior a las testigo (100/0), este efecto fue más acusado al aumentar la luz. Por el contrario, las plantas desarrolladas con la relación 80/20 mostraron un crecimiento similar a las sometidas a nutrición nítrica exclusiva en condiciones de menor luminosidad. Intensidades luminosas crecientes provocaron una disminución en la concentración foliar de N, K, Ca, Mg y Na en las plantas sometidas a nutrición conjunta. Este efecto fue disminuyendo al hacerlo la irradiancia. Los nutrientes analizados en la savia se vieron menos afectados por los distintos tratamientos de nutrición nitrogenada y luz.

Palabras clave: Amonio. Interacción. Irradiancia. Nitrato. Tomate.

SUMMARY

LIGHT-NITROGEN INTERACTION IN TOMATO PLANTS

Tomato plants were hydroponically grown in a growth chamber with three levels of light intensity (100, 220 and 300 W m⁻²) and three NO₃⁻/NH₄⁺ ratios (100/0, 80/20 and 60/40).

Plants grown with a NO₃⁻/NH₄⁺ ratio of 60/40 displayed a decrease of total height and weight as compared with NO₃⁻ treated plants. By contrast, plants grown with a NO₃⁻/NH₄⁺ ratio of 80/20 and with less light intensity showed a similar growth to NO₃⁻ fed plants. On the other hand, tomato plants supplied with both N forms and under a high light regime presented lower leaf concentrations of N, K, Ca, Mg and Na than NO₃⁻ fed plants. This effect diminished as light intensity decreases. In sap, the nutrient concentration was less affected by N form and light intensity.

Key words: Ammonium. Interaction. Irradiance. Nitrate. Tomato.

INTRODUCCION

Aunque los compuestos nitrogenados son muy abundantes en la naturaleza, las plantas absorben, casi únicamente, las formas NO_3^- y NH_4^+ (Dhillon *et al.*, 1987).

La asimilación de NO_3^- por el vegetal supone un mayor gasto energético que la de NH_4^+ , ya que este último puede ser incorporado directamente a esqueletos carbonados, mientras que el anión necesita ser reducido para integrarse al metabolismo del vegetal. Así, el NH_4^+ será teóricamente la forma nitrogenada preferida al poder ser utilizado más eficazmente por la planta (Mengel y Viro, 1978).

No obstante, los límites de tolerancia de los vegetales al aporte de NH_4^+ son muy estrechos, ocasionando una serie de alteraciones conoci-

das como "toxicidad amónica" (Haynes y Goh, 1978). Givan, (1979) propone que para evitar esta situación serían necesarios una gran cantidad de esqueletos carbonados, mientras que otros autores (Green y Holley, 1974; Magalhaes y Wilcox, 1983; 1984) indican que el NH_4^+ es menos perjudicial cuando el cultivo se lleva a cabo con baja iluminación.

En este trabajo se realiza un estudio encaminado a analizar la respuesta de plantas de tomate, especie clasificada como sensible al NH_4^+ , a varias relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (100/0; 80/20; 60/40) y tres intensidades luminosas distintas (110; 220; 300 W m^{-2}), al objeto de profundizar en la interacción luz-forma de nutrición nitrogenada.

MATERIAL Y METODOS

El ensayo se llevó a cabo con el cv. Carmelo de la especie citada. El cultivo se efectuó en un microfitorón Conviron E-15 con las siguientes condiciones ambientales: temperatura diurna 25 ± 0.5 °C; temperatura nocturna 15 ± 0.5 °C; humedad relativa diurna $75 \pm 3\%$; humedad relativa nocturna $80 \pm 3\%$ y un fotoperíodo de 16 h/8 h.

El sistema de cultivo fue hidropónía. Las plantas se cultivaron en tiestos Riviera con mecanismo de absorción de la disolución nutriente por capilaridad y con capacidad para 3 kg de arena de cuarzo, con un tamaño de partícula de 0.5 a 2 mm. En cada tiesto se dispusieron dos plantas.

La disolución nutritiva utilizada como control (100% N-NO_3^-) fue la correspondiente a Hoagland y Arnon, (1950). Su composición era la siguiente: Macroelementos (mmol L^{-1}): $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 5.5; KNO_3 , 4; KH_2PO_4 , 2; MgSO_4 , 1.25; NaCl , 0.2. Los microelementos fueron suministrados como (mg L^{-1}): Fe-EDDHA, 2.5; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.1; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.1; $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 0.5; H_3BO_3 , 0.5; $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 0.05. A partir de ésta se prepararon otras dos disoluciones en las que se modificaron únicamente la fuente de N ($\text{NH}_4\text{CO}_3\text{H}$), hasta alcanzar las siguientes relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (80/20 y 60/40). Los pH se ajustaron a 6.0. Dos veces por semana se efectuaba

un cambio total de las disoluciones nutritivas.

Las plantas sometidas a las relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (100/0; 80/20; 60/40) fueron cultivadas a tres irradiancias distintas 110, 220 y 300 W m^{-2} . El diseño experimental fue un sistema factorial con tres repeticiones para cada tratamiento de luz y nutrición nitrogenada. Los muestras de material vegetal (hojas y savia) se efectuaron a las tres y cinco semanas después del trasplante.

Las concentraciones de Ca y Mg en hojas y savia fueron determinada mediante espectrofotometría de absorción atómica, K y Na por espectrofotometría de emisión, NO_3^- y Cl^- en savia mediante electrodos selectivo de iones, SO_4^{2-} por turbidimetría, l con un sistema autoanalizador Technicon y N por el método Kjeldahl.

Para la comparación de las media se ha utilizado el test de la mínima diferencia significativa, $p = 0.05$ (Roberts y López-Fanjul, 1974).

RESULTADOS Y DISCUSION

Indices de crecimiento

En las figuras 1 y 2 se representan las longitudes y pesos medios de las plantas sometidas a las distintas relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ e irradiancias (110; 220; y 300 W m^{-2}) que suponen aproximadamente un 1/3, 2/3 y el total de luz suministrada al cultivo, respectivamente.

Las plantas cultivadas con la relación 60/40 presentan para los tres tratamientos de luz, una longitud media inferior a las testigo (100/0), no existiendo diferencias apreciables entre los otros dos tratamientos (100/0 y 80/20), como se puede observar en la figura 1.

En cuanto al peso (Fig. 2), las plantas sometidas a la relación 60/40 muestran una reducción en este índice de crecimiento, que va siendo más acusada al ir aumentando la irradiancia (29%— 1/3 de luz; 32%— 2/3 de luz y 37% con el total). Un comportamiento similar lo ofrecen las plantas de pimiento (Zornoza *et al.*, 1987). Sin embargo, en este

caso, las disminuciones en el crecimiento son más intensas, debido a que el tomate es una especie muy sensible a la presencia de NH_4^+ en el medio de nutrición (Moritsugu *et al.*, 1983).

Cuando la intensidad luminosa es alta, la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ debe tender hacia valores más altos de NO_3^- , ya que el exceso de energía recibida puede ser utilizado para la reducción del anión, lo cual se traduciría en un aumento de los rendimientos (Green y Holley, 1974)

Las plantas cultivadas con la relación 80/20 ofrecen un peso medio total ligeramente superior al testigo cuando la irradiancia es 1/3 (110 W m^{-2}), a medida que aumenta la luz se observa que el crecimiento va siendo menor al de las plantas nutridas con NO_3^- como única fuente de N. Esto indica que si el cultivo se lleva a cabo con baja iluminación, e aporte de NH_4^+ en bajas concentraciones puede estimular el crecimiento. Si la concentración del catión

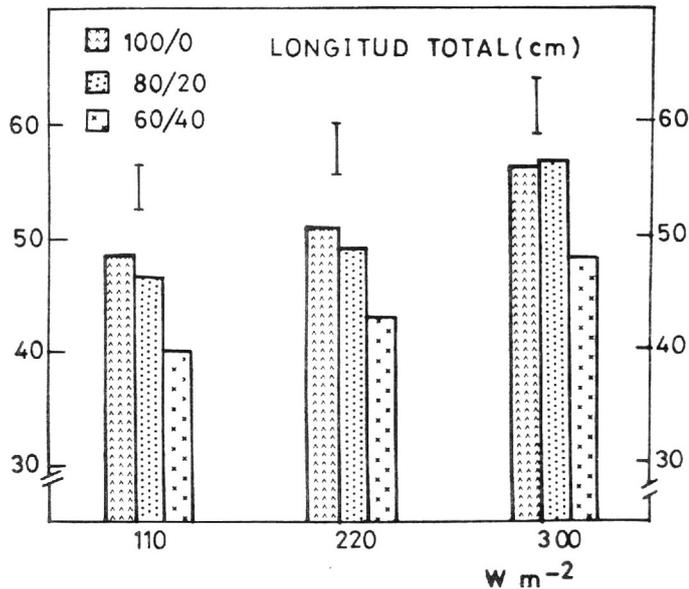


FIG. 1.—Alturas medias de las plantas sometidas a los distintos tratamientos de luz y relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$. Las barras representan la MDS 5%.

aumenta, independientemente de la luz se detecta una disminución en el desarrollo.

Por otro lado, se observa que la luz afecta mucho más al peso que a la longitud de la planta. Esto se detecta de una forma clara, al comparar los tratamientos con nutrición nitrogenada nítrica exclusiva (100/0).

Análisis mineral de hojas

Los resultados correspondientes a las concentraciones medias de N, P, K, Ca, Mg y Na en las hojas de las plantas sometidas a los distintos tratamientos de nutrición nitrogenada y luz se recogen en la Tabla 1.

En cuanto a N, se aprecia una tendencia a disminuir a medida que aumenta la proporción de NH_4^+ . Si bien, sólo se han detectado diferencias significativas en los tratamientos de 220 y 300 W m^{-2} . Ciertos auto-

res (Hernando *et al.*, 1982; Malhi *et al.*, 1988) encuentran niveles de N más elevados cuando las plantas se cultivan con NH_4^+ . Sin embargo, otros no han detectado este hecho (Wilcox *et al.*, 1977; Moritsugu *et al.*, 1983).

Por lo que respecta al P, la bibliografía consultada relaciona concentraciones más elevadas de este nutriente en planta cuando hay NH_4^+ en el medio de nutrición (Jackson *et al.*, 1976; Haynes y Goh, 1978). En este caso no se han detectado diferencias significativas entre las distintas relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ ensayadas.

El comportamiento de los cationes es generalmente opuesto al del P, ya que éstos alcanzan concentraciones más altas en las plantas sometidas a nutrición nítrica exclusiva y disminuyen según aumenta el aporte externo de NH_4^+ (Wilcox *et al.*,

1977; Macklon y Sim, 1980). A este respecto, la concentración de cationes desciende en el tratamiento de 1/3 de luz para las dos relaciones $\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$, aunque sólo lo hace significativamente en las hojas de las plantas sometidas a la relación 60/40, siendo de un 12%-K; 11%-Ca; 19%-Mg y 18%-Na en comparación al tratamiento testigo (100/0).

Este efecto se ha observado en el mismo sentido en las plantas cultivadas con el mayor nivel de irradiancia (300 W m^{-2}), si bien en este caso, los dos tratamientos de nutrición nitrogenada conjunta ofrecen disminuciones significativas, que han sido para la relación 80/20 de un 11%-K; 14%-Ca; 16%-Mg y 11%-Na. Y para la relación 60/40 un 16%-K; 20%-Ca; 22%-Mg y 14%-Na. Esto pone de manifiesto que a medida que aumenta

la irradiancia se detecta de una manera más clara la presencia de NH_4^+ en el medio de nutrición.

Análisis de savia

Las concentraciones medias de N-NO_3^- , $\text{P-H}_2\text{PO}_4^-$, Cl^- , S-SO_4^- y el total de aniones en la savia de las plantas sometidas a los distintos tratamientos de nutrición nitrogenada; luz se muestran en la Tabla 2.

A medida que disminuye el aporte externo de NO_3^- lo hace su concentración en la savia, este efecto ha sido más acusado a intensidades luminosas medias (220 W m^{-2}). Esta reducción en la absorción de NO_3^- se ha traducido en un menor contenido de N en hoja (Tabla 1), para las plantas cultivadas con nutrición nitrogenada conjunta.

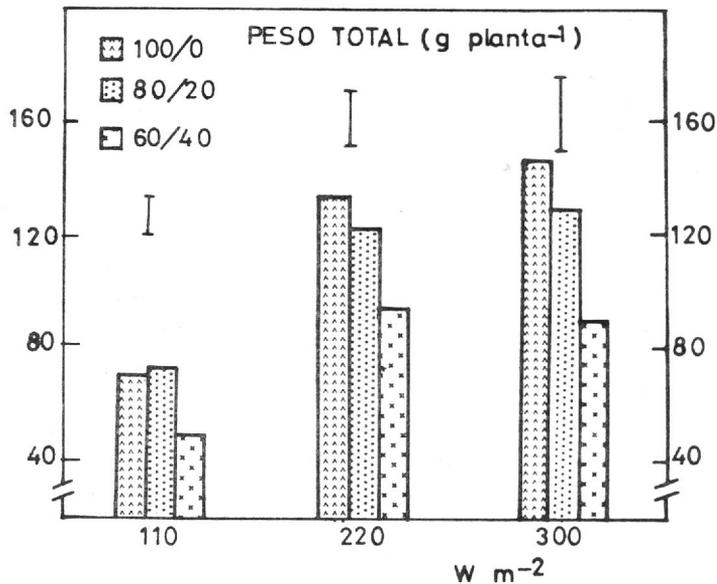


FIG. 2.—Pesos medios de las plantas sometidas a los distintos tratamientos de luz y relación $\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$. Las barras representan la $\text{MDS}_{5\%}$.

TABLA 1

Concentraciones medias de N, P, K, Ca, Mg y Na ($g\ kg^{-1}\ m. s.$) en hoja para cada uno de los tratamientos de luz y relación NO_3^-/NH_4^+ .

Irradiancias $W\ m^{-2}$	Relaciones NO_3^-/NH_4^+	N	P	K	Ca	Mg	Na
110 (1/3)	100/0	31.2	5.6	31.2	31.6	4.1	0.58
	80/20	33.0	6.6	27.9	31.3	3.9	0.49
	60/40	31.8	6.5	27.4	28.1	3.3	0.47
	MDS _{5%}	3.6	1.3	2.4	3.3	0.2	0.08
220 (2/3)	100/0	45.0	4.4	29.4	24.4	5.0	0.44
	80/20	42.6	4.1	27.5	23.8	4.6	0.34
	60/40	40.6	3.9	28.8	24.7	4.3	0.34
	MDS _{5%}	1.4	0.4	3.4	3.2	1.0	0.09
300 (1)	100/0	34.0	4.3	26.1	30.7	3.6	0.68
	80/20	31.2	3.7	23.0	26.1	3.0	0.61
	60/40	30.7	4.1	21.8	24.4	2.8	0.58
	MDS _{5%}	2.6	1.0	2.1	3.3	0.4	0.06

Por otro lado, las concentraciones de NO_3^- detectadas en la savia de *Lycopersicon esculentum* Mill. ponen de manifiesto que esta especie vegetal reduce mayoritariamente los NO_3^- en el vástago (Pate, 1980).

En lo que respecta al P-mineral no se han observado diferencias significativas entre los distintos tratamientos de nutrición nitrogenada. Resultados similares se han observado en la hoja.

Las plantas cultivadas con nutrición conjunta ofrecen concentraciones medias de Cl^- en savia significativamente superiores a las que presenta el testigo (100/0). No obstante, conviene destacar que estos resultados pueden estar influidos por la distinta concentración de Cl^- puesta en la disolución nutritiva. Niveles

que no resultan elevados para el tomate ya que es una planta tolerante a la salinidad.

En cuanto a los SO_4^{2-} casi no existen diferencias entre las relaciones NO_3^-/NH_4^+ . Lo que pone de manifiesto que en este caso no se ha detectado la interacción NH_4^+ -aniones.

Las diferencias significativas que se han encontrado en la suma total de aniones (ΣA) están provocadas por las grandes variaciones en la concentración de Cl^- , que en algunos casos se ha compensado con la reducción en la concentración de NO_3^- .

Por otro lado, intensidades lumínicas crecientes han provocado una disminución muy acentuada de la concentración de NO_3^- en la savia, que ha supuesto para las tres relaciones NO_3^-/NH_4^+ un 60% aproximada-

TABLA 2

Concentraciones medias de $N-NO_3^-$, $P-H_2PO_4^-$, Cl^- , $S-SO_4^{2-}$ y suma de aniones ($mmol L^{-1}$) en la savia para cada uno de los tratamientos de luz y relación NO_3^-/NH_4^+ .

Irradiancias $W m^{-2}$	Relaciones NO_3^-/NH_4^+	$N-NO_3^-$	$P-H_2PO_4^-$	Cl^-	$S-SO_4^{2-}$	ΣA
110 (1/3)	100/0	67.6	7.6	17.0	6.3	98.2
	80/20	64.0	7.3	54.5	6.2	132.0
	60/40	47.1	8.0	61.6	5.6	122.3
	MDS ₅ %	13.8	0.7	8.1	0.8	14.4
220 (2/3)	100/0	51.4	8.7	11.7	6.6	78.3
	80/20	34.0	9.2	51.4	6.4	100.9
	60/40	26.1	8.7	87.3	5.5	127.5
	MDS ₅ %	8.7	0.8	9.7	1.4	13.7
300 (1)	100/0	25.8	10.2	15.0	7.5	58.4
	80/20	20.2	10.5	58.2	9.6	98.4
	60/40	19.2	11.7	84.0	7.2	122.0
	MDS ₅ %	5.3	1.6	13.9	1.3	12.8

mente. Este hecho podría estar causado por una mayor actividad de la NR-asa (Travis *et al.*, 1970), ya que si ésto no ocurriera así, existiría una concentración más elevada en la savia como respuesta a una tasa de transpiración más elevada.

En el caso de P-mineral se observa la tendencia opuesta. Mientras que el resto de los aniones analizados (Cl^- y SO_4^{2-}) no presentan un comportamiento homogéneo al ir aumentando la luz.

En la Tabla 3 se recogen las concentraciones medias de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , $N-NH_4^+$ y el total de cationes en la savia de las plantas sometidas a los distintos tratamientos de nutrición nitrogenada y luz.

Por lo que respecta a los cationes analizados en la savia, no se ha observado de una manera clara el anta-

gonismo NH_4^+ — cationes que se detectó en los resultados del análisis mineral de hojas, ya que las plantas cultivadas con la relación 80/20 presentan concentraciones de Ca superiores y de Mg similares a las que ofrecen las plantas testigo (100/0). En cuanto a los monovalentes (K^+ y Na^+) no muestran diferencias significativas. Las plantas sometidas a la relación 60/40 no presentan un comportamiento homogéneo, pues el K^+ disminuye cuando se las cultivan con menor iluminación y experimentan incrementos al aumentar la irradiancia. Una tendencia similar presentan Ca^{2+} y Mg^{2+} .

La concentración de $N-NH_4^+$ en la savia ha sido ligeramente superior en las plantas sometidas a la relación 80/20, mientras que al aumentar el aporte externo de NH_4^+ su concen-

TABLA 3

Concentraciones de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , $N-NH_4^+$ y suma de cationes ($mmol L^{-1}$) en la savia para cada uno de los tratamientos de luz y relación NO_3^-/NH_4^+ .

Irradiancias $W m^{-2}$	Relaciones NO_3^-/NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	$N-NH_4^+$	ΣC
110 (1/3)	100/0	118.4	8.5	8.9	3.3	2.1	141.2
	80/20	110.6	10.0	8.5	3.3	2.3	134.7
	60/40	109.0	8.0	7.8	3.0	2.0	129.8
	MDS _{5%}	6.8	1.0	1.2	0.4	0.4	8.3
220 (2/3)	100/0	115.9	7.9	11.6	3.2	3.2	141.8
	80/20	111.8	9.1	11.1	2.3	3.4	137.7
	60/40	121.9	10.4	11.9	2.5	2.8	149.5
	MDS _{5%}	11.3	1.1	1.1	0.3	0.5	14.0
300 (1)	100/0	132.6	6.9	8.2	3.5	2.6	153.8
	80/20	139.3	14.2	9.0	2.8	3.0	168.3
	60/40	139.5	7.7	9.8	2.9	2.6	162.5
	MDS _{5%}	16.1	1.6	1.5	0.5	0.5	16.0

tración en la savia disminuye ligeramente. Este hecho podría estar causado por una mayor asimilación del catión en el tejido radicular de la planta y por ello, un aumento en el transporte de N orgánico al vástago.

Intensidades luminosas crecientes provocan incrementos en la tasa de

cationes totales (ΣC). Resultados similares encuentran Tremblay *et al.* (1988).

El cociente entre la suma total de aniones y de cationes $\Sigma A/\Sigma C$ para cada uno de los tratamientos de nutrición nitrogenada y luz se muestran en la Tabla 4.

El incremento de la irradiancia

TABLA 4

Balance iónico en la savia $\Sigma A/\Sigma C$ para cada uno de los tratamientos de luz y relación NO_3^-/NH_4^+ .

Irradiancias $W m^{-2}$	Relaciones NO_3^-/NH_4^+		
	100/0	80/20	60/40
110 (1/3)	0.69	0.98	0.94
220 (2/3)	0.55	0.73	0.85
300 (1)	0.38	0.58	0.75

provoca para todas las relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ disminuciones en el balance iónico en la savia. Este efecto está causado por los menores contenidos de aniones y los aumentos en

la concentración de cationes. No obstante, el incremento en el aporte externo de NH_4^+ da lugar a valores más elevados independientemente de la luz a la que haya estado sometido el cultivo.

CONCLUSIONES

Se han detectado diferencias entre las distintas relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en función de la irradiancia a la que se llevó a cabo el cultivo. De tal forma, que el suministro de NH_4^+ en concentraciones elevadas provoca una disminución del crecimiento y una alteración en la composición mineral de la planta, tanto a bajas como a altas

irradiancias. Mientras que si el cultivo se efectúa con baja iluminación el aporte de NH_4^+ no le resulta tóxico al vegetal. Finalmente, la intensidad luminosa a la que se somete un cultivo es un factor muy importante a la hora de evaluar la tolerancia de las especies vegetales al suministro de NH_4^+ .

BIBLIOGRAFIA

- DHILLON, K. S., YAGODEEN, B. A. and VERMICHENKO, V. A., 1987. Micronutrient and N metabolism. *Plant and Soil*, 103: 51-55.
- GIVAN, C. V., 1979. Metabolic detoxification of ammonia in tissues of higher plants. *Phytochem.*, 18: 375-382.
- GREEN, J. L. and HOLLEY, W., 1973. Effects of the NO_3/NH_4 ratio on net photosynthesis of carnation, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 99: 420-424.
- HAYNES, R. J. and GOH, K. M., 1978. Ammonium and nitrate nutrition of plants. *Biol. Rev.*, 53: 465-510.
- HERNANDO, V., PRADO, M. T. and LOPEZ-FANDO, C., 1982. Efecto de la relación NO_3/NH_4 sobre el desarrollo y composición química de la planta de maíz. (*Zea mays*) *An. Edafol. Agrobiol.*, 41: 927-933.
- HOAGLAND, D. R. and ARNON, D. T., 1950. The water culture method for growing plants without soil. *Calif. Agr. Exp. Stat. Cir.*, 347.
- JACKSON, W. A., KWIR, K. D. and VOLK, P. J., 1976. Nitrate uptake during recovery from N deficiency. *Physiol. Plant.*, 36: 174-181.
- MACKLON, A. E. S. and SIM, A., 1980. Electrophysiological factors in the influence of nitrate and ammonium ions on calcium uptake and translocation in tomato plants. *Physiol. Plant.*, 49: 449-454.
- MAGALHAES, J. R. and WILCOX, G. E., 1983. Tomato growth and nutrient uptake patterns as influenced by nitrogen form and light intensity. *J. Plant Nutr.*, 6: 941-956.
- MAGALHAES, J. R. and WILCOX, G. E., 1984. Ammonium toxicity development in tomato plants relative to nitrogen form and light intensity. *J. Plant Nutr.*, 7: 1477-1496.

- MALHI, S. S., NYBORG, M., JAHN, H. G. and PENNEY, D. C., 1988. Yield and nitrogen uptake of rapeseed (*Brassica campestris* L.) with ammonium and nitrate. *Plant and Soil*, 105: 231-239.
- MENGEL, K. and VIRO, M., 1978. The significance of plant energy status for the uptake and incorporation of $\text{NH}_4\text{-N}$ by young rice plants. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 24: 407-416.
- MORITSUGU, M., SUZUKI, T. and KAWASAKI, T., 1983. Effect of nitrogen source on growth and mineral uptake by plants under constant pH and conventional culture conditions. *Ber. Ohara Inst. Landw. Biol. Okayama Univ.*, 18: 125-144.
- PATE, J. S., 1980. Transport and partitioning of nitrogenous solutes. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 31: 313-340.
- ROBERTS, R. and LOPEZ-FANJUL, C., 1974. *Apuntes de Estadística Elemental*. Ed. I. N. I. A., Madrid.
- TRAVIS, R. L., JORDAN, W. R. and HUFFAKER, R. D., 1970. Light and nitrate requirements for induction of nitrate reductase activity in *Hordeum vulgare*. *Physiol. Plant* 23: 678-685.
- TREMBLAY, N., GASIA, M. Ch., FERAUGE, M. Th., GOSSELIN, A. and TRUDEL, M. J., 1988. Influence of photosynthetic irradiance on nitrate reductase activity, nutrient uptake and partitioning in tomato plants. *J. Plant Nutr.*, 11: 17-36.
- WILCOX, G. E., MITCHELL, C. A. and HOFF, J. E., 1977. Influence of nitrogen form on exudation rate, and ammonium, amide, and cation composition of xylem exudate in tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 102: 192-196.
- ZORNOZA, P., CASELLES, J. and CARPENA, O., 1987. Response of pepper plants to $\text{NO}_3\text{:NH}_4$ ratio and light intensity. *J. Plant Nutr.*, 10: 773-782.

Recibido: 7-2-91.
Aceptado: 25-4-91.