

CONCENTRACION Y ABSORCION DE NUTRIENTES DURANTE EL CICLO DE LA PLANTA DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill) cv. CATALINA, EN ALAJUELA*

Juan Carlos Cerdas A.

*Marco A. Moreira A.***

*Floria Bertsch.****

ABSTRACT

NUTRIENT ABSORPTION AND CONCENTRATION DURING THE VEGETATIVE CYCLE OF THE TOMATO PLANT (*Lycopersicon esculentum* Mill). An assay was conducted to determine the foliar absorption and concentration of N, P, K, Ca, Mg and S along the vegetative cycle of the tomato plant, Catalina cultivar, in Alajuela, Costa Rica.

The experimental period started on October 7th, 1986 through February 19 th, 1987. A Randomized Complete Block Experimental Design with four replications was used.

The K was the nutrient concentrated in higher quantities by the plant, followed in a decreasing order by N, Ca, S, Mg and P.

The blooming and fruit bearing stages showed the highest foliar absorption of nutrients, decreasing at the end of the cycle due to the senescence.

The absorption of all the nutrients increased intensively from the beginning of blooming 145 days after planting) to the onset of fruit maturation (90 days after planting), for which it is considered as the critical stage of the growing period of the plant.

INTRODUCCIÓN

La extracción de nutrientes por la planta de tomate aumenta conforme incrementa el crecimiento de ésta, de tal manera que la absorción ontogénica de elementos corresponde con la curva de crecimiento de la planta (Bertsch y Guzmán 1981; Ward 1967).

* Parte de la tesis de Ing. Agr. presentada por el primer autor a la Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica (UCR).

** Mag.Sc. Programa de Hortalizas, Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, Facultad de Agronomía, UCR.

*** Mag.Sc. Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, U.C.R.

El potasio, nitrógeno y calcio constituyen en orden decreciente los nutrimentos que absorbe la planta de tomate en mayor cantidad durante su desarrollo fenológico. Por su parte, las absorciones de fósforo y magnesio son mucho más bajas y más o menos constantes (Berstch y Guzmán, 1981; Fernández *et al.* 1915; Gargantine y García, 1963; Mclean *et al.* 1968; Ward, 1967). A partir de la floración e inicio de la fructificación, la absorción de N, K, Ca y Mg se incrementa considerablemente (Fernández y colaboradores, 1975). Mediante análisis de savia, se ha determinado que el contenido de K se mantiene casi constante hasta la maduración de los frutos descendiendo después de esta fase de crecimiento (Cadahia y Hernando, 1965) y que el nivel de calcio no presenta una tendencia definida (Hernando *et al.* 1964). El magnesio se absorbe en muy pequeñas cantidades y su contenido es relativamente constante durante todo el ciclo de cultivo (Gargantini y García, 1963; Maclean *et al.* 1968).

La floración y la fructificación son las etapas donde se producen los cambios más acentuados en la absorción de nutrimentos durante el ciclo del tomate (Cadahia y Hernando, 1965; Hernando *et al.* 1964).

Se ha determinado una intensa translocación de N, P, K y Mg de los órganos vegetativos hacia los frutos, mientras que el Ca y el S han presentado muy poca movilidad (Gargantini y García, 1963).

El objetivo de este trabajo fue determinar la concentración y absorción foliar de N, P, K, Ca, Mg y S durante el ciclo de la planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Estación Experimental Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica, en Alajuela, localizada a 10°1' de Latitud Norte y 84° 6' Longitud Oeste. El período experimental fue de 135 días, del 7 de octubre de 1986 al 19 de febrero de 1987.

Las características físico-químicas del suelo donde se sembró el experimento se presentan en el Cuadro 1.

La preparación del terreno y el manejo del cultivo fueron realizados de acuerdo con las recomendaciones para la siembra comercial de tomate del Programa de Hortalizas de la Estación Experimental Fabio Baudrit M. (Molina y Hernández, 1983).

Se sembró en forma directa el cultivar de tomate para mesa Catalina a 1,20 m entre hileras y 0,5 m entre sitios de siembra (16.666 plantas/ha). Se colocaron de 6 a 8 semillas por sitio y se raleó a una planta a los 21 días después de la siembra (DDS).

CUADRO 1. Características físico-químicas del suelo donde se realizó el experimento^{1/}.

| Características | Valor |
|--------------------------|--------------|
| pH | 5,9 |
| K (meq/100 ml de suelo) | 0,7 |
| Ca (meq/100 ml de suelo) | 6,4 |
| Mg (meq/100 ml suelo) | 3,1 |
| P (ug/ml de suelo) | 15,9 |
| Al (ug/ml de suelo) | 0,4 |
| Cu (ug/ml de suelo) | 16,6 |
| Zn (ug/ml de suelo) | 1,8 |
| Fe (ug/ml de suelo) | 6,5 |
| Mn (ug/ml de suelo) | 4,6 |
| Arena (%) | 45,0 |
| Limo (%) | 35,0 |
| Arcilla (%) | 20,0 |
| Nombre textural | franco |

^{1/} Análisis realizado en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica.

Se aplicó a la siembra 50-150-50-35 kg/ha de N-P₂O₅- K₂O-SO₄, respectivamente. A los 30 DDS se realizó la segunda fertilización y consistió en la aplicación de 75-225-75 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O. Se hizo una tercera fertilización a los 60 DDS 70-20-50-20-10 kg/ha de N-P₂O₅- K₂O - MgO-B₂O₃, respectivamente. La última fertilización se efectuó a los 110 DDS, en la cual se aplicaron 70 kg/ha de N.

El combate de plagas y enfermedades se hizo mediante aplicaciones alternas de diversos insecticidas y fungicidas, respectivamente, mientras que el control de malezas se realizó con deshierbas manuales y con la labor de aporca.

A partir de los 30 DDS se aplicó riego superficial por surcos para mantener un adecuado contenido de humedad en el suelo.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La distancia de siembra fue de 1,2 m entre hileras y 0,5 m entre plantas. Cada parcela experimental consistió de 16 plantas sembradas en 4 lomillos de 2,0 m de largo y separados 1,2 m entre sí, mientras que la parcela útil se conformó de 4 plantas.

Los muestreos se realizaron cada 15 días a partir de la siembra y consistieron en la recolección de la 3a. y 4a. hoja más peciolo a partir del ápice vegetativo de cuatro plantas de la parcela útil. Estas se secaron en una estufa a 70 °C por 48 horas, y luego se molieron.

Para el análisis del N foliar se usó la metodología de micro-kjeldahl propuesta por Muller (1961). Para los otros elementos se empleó el método de la digestión nitroperclórica, determinándose el P por colorimetría, el K, el Ca y el Mg por espectrofotometría, y el S por turbidimetría, según los métodos propuestos por Briceño y Pacheco (1984).

Las variables analizadas fueron la concentración (%) y la absorción foliar (kg/ha) de N, P, K, Ca, Mg, y S por la planta de tomate.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Concentración

En el Cuadro 2 y Figura 1, presenta la concentración de los nutrimentos que se obtuvo en el experimento. Como se puede apreciar, dicha concentración obedece al siguiente orden en forma decreciente: K, N, Ca, S, P, resultado que concuerda con lo indicado por varios autores (Berstch y Guzmán, 1981; Gargatini y García, 1963; Maclean *et al.* 1968; Porte 1959), con excepción del P, pues ellos informan que este es mayormente acumulado por la planta que el Mg.

El potasio fue el nutrimento que presentó los valores de concentración más altos. Desde el inicio del ciclo el contenido de K en las hojas aumentó hasta alcanzar su máximo valor a los 75 DDS aproximadamente, el periodo a partir del cual comenzó a decrecer hasta el final del ciclo de cultivo. Esta disminución pudo deberse a la gran demanda de este elemento que ejercen los frutos, movilizándolo de los tejidos foliares hacia frutos y semillas, órganos que se convierten en sumideros activos de este nutrimento (Cadahia y Hernando 1965; Gargantini y García 1963; Garita 1982; Hernando; *et al.* 1964; Vargas, 1983).

Al analizar el comportamiento del contenido de nitrógeno en la planta, se aprecia que éste fue bajo en las etapas iniciales del ciclo, y que conforme la planta creció, los requerimientos nutricionales también se incrementaron a los 60 DDS, la concentración de N alcanzó su máximo valor (4,5%). Antes de este periodo el N es destinado a la formación de estructuras foliares principalmente, pero en las etapas siguientes, probablemente se destine a la producción de frutos y semillas, razón por la cual su contenido en las hojas comenzó a disminuir desde la floración, lo que concuerda con lo encontrado por diferentes autores (Cadahia y Hernando, 1965; Gargantini y García, 1963; García, 1982; Vargas, 1983).

Cuadro 2. Valores de concentración de N, P, K, Ca, Mg y S en plantas de tomate cv. Catalina en función del tiempo. Alajuela, Costa Rica. 1986 - 1987.

| DDS ^{1/} | Nutrimento (%) | | | | | |
|-------------------|----------------------|---------|--------|--------|----------|---------|
| | N | P | K | Ca | Mg | S |
| 15 | 2,11 f ^{2/} | 0,20 e | 2,51 i | 0,75 g | 0,60 e | 0,82 f |
| 30 | 2,43 e | 0,37 cd | 3,23 g | 1,14 f | 0,69 cd | 0,84 f |
| 45 | 3,50 b | 0,34 d | 3,88 d | 1,11 f | 0,72 bc | 0,92 e |
| 60 | 4,50 a | 0,44 ab | 4,80 c | 1,40 d | 0,67 d | 0,96 d |
| 75 | 3,17 c | 0,48 a | 5,33 a | 1,78 b | 0,71 bcd | 1,01 bc |
| 90 | 2,83 d | 0,44 ab | 5,01 b | 2,40 a | 0,83 a | 1,12 a |
| 105 | 2,08 f | 0,39 c | 3,68 e | 1,45 c | 0,75 b | 1,05 b |
| 120 | 1,65 h | 0,40 bc | 3,40 f | 1,28 e | 0,70 bcd | 1,02 bc |
| 135 | 1,77 g | 0,40 bc | 2,80 h | 1,31 e | 0,69 cd | 1,00 cd |

^{1/} DDS = Días después de la siembra.

^{2/} Medias con igual letra para cada elemento no difieren significativamente según prueba de Tukey 5%.

El calcio, por tratarse de un elemento inmóvil, comenzó a acumularse desde los 0 DDS hasta el inicio de la maduración (90 DDS), momento en que se registró el máximo valor en su concentración, Cuadro 2. Posteriormente su contenido foliar declinó y mantuvo esta tendencia hasta el final del ciclo de cultivo.

El azufre, magnesio y fósforo mostraron una baja concentración durante todo el ciclo, siendo el P el elemento que presentó los menores y valores. Resultados similares también los obtuvieron otros autores (Fernández *et al.* 1975; Gargantini y García, 1963; Garita, 1982).

2. Absorción

La absorción foliar de los elementos que se obtuvo en el experimento se presenta en el Cuadro 3 y Figura 2. Para todos los nutrimentos la absorción presentó un comportamiento similar; ésta se incrementó considerablemente a partir del inicio de la floración (45 DDS) y se mantuvo así hasta el inicio de la maduración de los frutos a los 90 DDS, periodo en que se registró su máximo valor. A partir de esta fecha la absorción foliar comenzó a descender como posible resultado de la formación y maduración de los frutos, así como a los efectos del proceso de senescencia que sufre la planta al final de su ciclo.

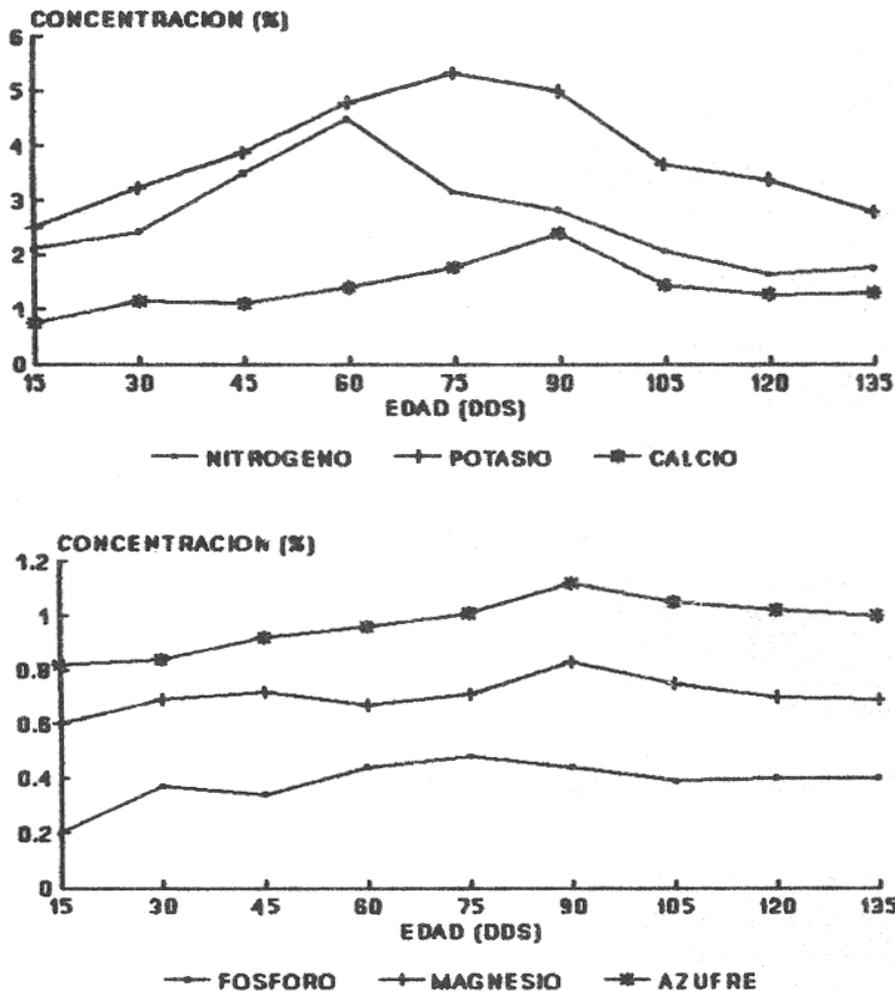


FIGURA 1. Concentración (%) de los nutrimentos N, P, K, Ca, Mg y S en la planta de tomate cv. Catalina en función del tiempo. Alajuela, Costa Rica. 1986 - 1987.

El elemento absorbido en mayor cantidad por la planta de tomate fue el K, seguido por el N y el Ca, mientras que la absorción de los otros elementos analizados fue mucho más baja, Cuadro 3.

El potasio mostró una alta absorción foliar durante todo el ciclo de cultivo, por lo que se considera el nutrimento de mayor importancia para la planta de tomate, dadas las cantidades absorbidas.

CUADRO 3. Valores de absorción ^{1/} de los nutrimentos N, P, K, Ca, Mg y S por plantas de tomate cv. Catalina, en función del tiempo. Alajuela, Costa Rica. 1986 - 1987.

| DDS ^{2/} | Nutrimentos (kg/ha) | | | | | |
|-------------------|----------------------|--------|---------|---------|---------|----------|
| | N | P | K | Ca | Mg | S |
| 15 | 0,01 h ^{3/} | 0,00 e | 0,01 h | 0,00 f | 0,00 g | 0,00 g |
| 30 | 0,12 h | 0,02 e | 0,16 h | 0,06 f | 0,04 g | 0,04 g |
| 45 | 3,99 g | 0,40 d | 4,42 g | 1,26 e | 0,81 f | 1,04 f |
| 60 | 16,40 f | 1,60 c | 17,50 f | 5,10 d | 2,44 e | 3,51 e |
| 75 | 25,94 b | 3,91 b | 43,65 b | 14,58 c | 5,75 d | 8,27 d |
| 90 | 28,44 a | 4,43 a | 50,40 a | 24,16 a | 8,32 a | 11,27 b |
| 105 | 22,92 c | 4,32 a | 40,66 c | 15,99 b | 8,10 ab | 11,60 a |
| 120 | 18,56 e | 4,49 a | 38,20 d | 14,30 c | 7,81 bc | 11,43 ab |
| 135 | 19,32 d | 4,40 a | 30,61 e | 14,29 c | 7,51 c | 10,93 c |

^{1/} Para calcular la absorción de nutrimentos por la planta, se tomó en cuenta solamente el peso foliar (láminas y pecíolos).

^{2/} DDS = Días después de la siembra.

^{3/} Medias con igual letra no difieren significativamente según Prueba de Tukey 5%.

Al observar el comportamiento de la tasa de absorción foliar del N, Cuadro 4, se puede definir una etapa crítica de crecimiento, la cual se extendió desde la floración hasta el inicio de la maduración, o sea, de los 45 a los 90 DDS, aproximadamente, periodo durante el cual se dieron los máximos en la absorción foliar.

Por esta razón, la segunda fertilización nitrogenada se podría realizar previo a esta etapa, a los 35 ó 40 DDS, y la tercera aplicación a los 76 u 80 DDS. Después de los 90 días es conveniente hacer aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, pero sólo para darle mantenimiento a la plantación; de esta manera se incrementará la eficiencia en el uso de los fertilizantes. Aunque el follaje de la planta de tomate absorbió cantidades considerables de Calcio, el uso suplió las necesidades de este elemento sin que hubiera necesidad de aplicarlo.

La absorción foliar de los restantes elementos S, Mg y P fue mucho menor que la de los primeros, sin embargo, sus tasas de absorción mostraron un comportamiento semejante al de las tasas de los otros nutrimentos mencionados anteriormente, Cuadro 4, pues los mayores valores se obtuvieron en el periodo comprendido entre el inicio de la floración (45 DDS) y el inicio de la cosecha (90 DDS).

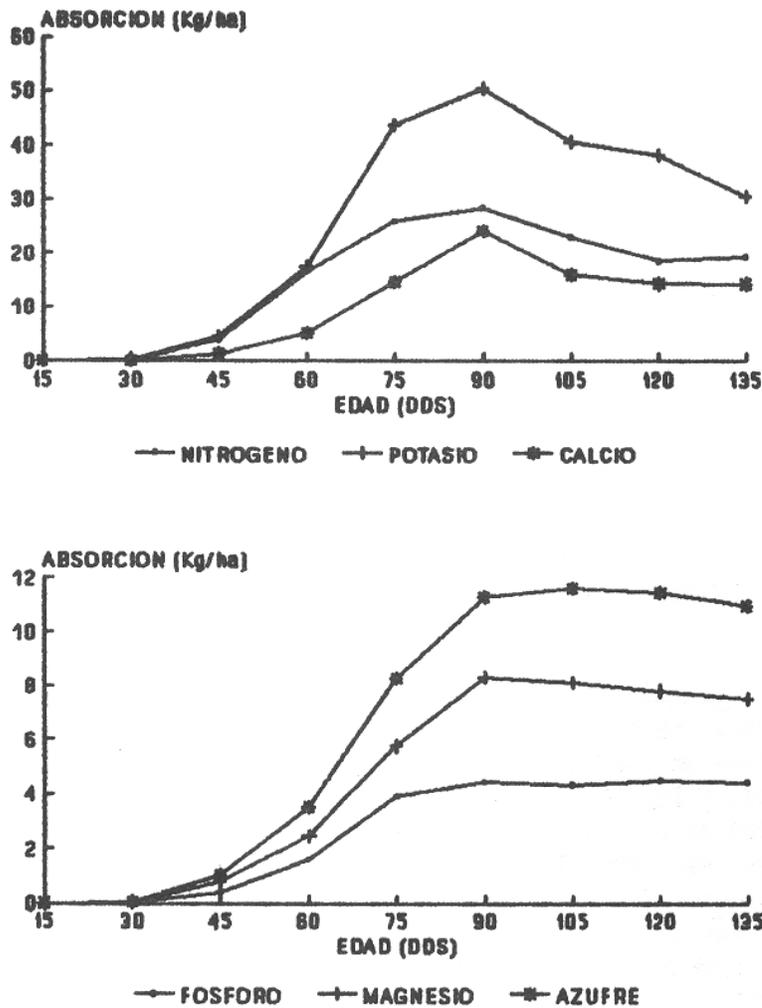


FIGURA 2. Absorción foliar (kg/ha) de los nutrientes N, P, K, Ca, Mg y S por la planta de tomate cv. Catalina, en función del tiempo. Alajuela, Costa Rica. 1986 - 1987.

RESUMEN

Los estudios dirigidos a evaluar la condición nutricional de la planta permiten mejorar la eficiencia en el uso de los fertilizantes, que aumentan de esta manera el rendimiento del cultivo. El objetivo de este experimento fue determinar la concentración y absorción foliar de N, P, K, Ca, Mg y S durante el ciclo de la planta de tomate para mesa, cv. Catalina, en la zona de Alajuela, Costa Rica.

CUADRO 4. Tasa de absorción foliar de los nutrimentos N, P, K, Ca, Mg y S hasta los 90 DDS ^{1/}, por plantas de tomate cv. Catalina. Alajuela, Costa Rica. 1986-1987.

| DDS | Nutrimento | | | | | | | | | | | |
|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | N | | P | | K | | Ca | | Mg | | S | |
| | kg/ha | % | kg/ha | % | kg/ha | % | kg/ha | % | kg/ha | % | kg/ha | % |
| 15-30 | 0,11 | 0,4 | 0,02 | 0,5 | 0,15 | 0,3 | 0,06 | 0,2 | 0,04 | 0,5 | 0,04 | 0,4 |
| 30-45 | 3,87 | 13,6 | 0,38 | 8,6 | 4,26 | 8,4 | 1,20 | 5,0 | 0,77 | 9,2 | 1,00 | 8,9 |
| 45-60 | 12,42 | 46,6 | 1,20 | 27,1 | 13,08 | 26,0 | 3,84 | 15,9 | 1,63 | 19,6 | 2,47 | 21,9 |
| 60-75 | 9,54 | 33,6 | 2,31 | 52,1 | 26,26 | 51,9 | 9,48 | 39,2 | 3,31 | 39,8 | 4,76 | 42,2 |
| 75-90 | 2,50 | 8,8 | 0,52 | 11,7 | 6,75 | 13,4 | 9,58 | 39,7 | 2,57 | 30,9 | 3,00 | 26,6 |
| Total | 28,44 | 100,0 | 4,43 | 100,0 | 50,40 | 100,0 | 24,16 | 100,0 | 8,32 | 100,0 | 11,27 | 100,0 |

^{1/} DDS = Días después de la siembra.

El período experimental fue del 7 de octubre de 1986 al 19 de febrero de 1987. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

El K fue el nutrimento que la planta concentró en mayor cantidad; siguieron en orden decreciente de concentración el N, Ca, S, Mg y P.

La floración y la fructificación fueron las etapas donde se produjeron las mayores absorciones foliares de nutrimentos por la planta, decreciendo al final del ciclo debido a los efectos de la senescencia.

La absorción foliar de todos los elementos se incrementó intensamente a partir de la floración (45 DDS) y hasta el inicio de la maduración de los frutos (90 DDS), por lo cual ésta se considera una etapa crítica en el crecimiento de la planta.

LITERATURA CITADA

BERTSCH, F. 1980. Análisis del crecimiento y la nutrición vegetal. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 23 p.

BERTSCH, F.; GUZMAN, E. 1981. Nutrición mineral de hortalizas: Curvas de absorción de nutrimentos. Turrialba, Costa Rica, Programa Universidad de Costa Rica/CATIE. 23 p.

BRICEÑO, J. A.; PACHECO, R. 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica. 152 p.

- CADAHIA, C.; HERNANDO, V. 1965. Variaciones del contenido mineral de las tomateras durante el ciclo del cultivo. *Anales de Edafología y Agrobiología (España)* 24: 669-681.
- DEMOLON, A. 1972. Crecimiento de vegetales cultivados. 2 ed. Barcelona, España, Omega. 587 p.
- FERNÁNDEZ, P. D.; CHURATA-MASCA, M. G.; OLIVEIRA, G. D.; HAAG, H. P. 1975. Nutrição mineral de hortilcas. XXII. Absorção de nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill), en cultivo rasteiro. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Bra.)* 32: 595-607.
- GARGANTINI, R.; GARCIA, H. 1963. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. *Bragantia (Bra.)* 22 (56): 693-714.
- GARITA, C. E. 1982. Respuesta del tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) a dosis crecientes de fósforo en un Ustic Humitropept de la zona de Grecia. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 89 p.
- HERNANDO, V.; JIMENO, L.; CADAHIA, C. 1964. Estudio del estado de nutrición de las tomateras mediante el análisis de la savia. *Anales de Edafología y Agrobiología (España)* 23(5): 65-79.
- MACLEAN, K. S.; MCLAUGHLIN, H. A.; BRDIN, R. H. 1968. The application of tissue analysis to the production of commercial greenhouse tomatoes. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science.* 92: 531-536.
- MOLINA, R.; HERNANDEZ, J. 1983. Guía de producción de tomate. Programa de Hortalizas, Estación Experimental Fabio Baudrit M. (C.R.). 5 p.
- MULLER, L. 1961. Un aparato microkjeldahl simple para análisis rutinarios rápidos de materias vegetales. *Turrialba (C.R.)* 11 (1): 17-25.
- PORTE, N. S. 1959. Commercial production of tomatoes. U.S.D.A. Farmer's. Bulletin 12 2045. 26 p.
- VARGAS, E. I. 1983. Respuesta del tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) a dosis crecientes de nitrógeno en un suelo Ustic Humitropept de la zona de Grecia, Alajuela. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 120 p.
- WARD, G. R. 1967. Growth and nutrient absorption in green house tomato and cucumber. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science.* 90: 335-341.
-