

ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO DEL TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill) cv.CATALINA, EN ALAJUELA.*

Juan Carlos Cerdas
Marco A. Moreira **

ABSTRACT

GROWTH ANALYSIS OF THE TOMATO (*Lycopersicon esculentum* Mill) PLANT IN ALAJUELA, COSTA RICA. The trial was conducted to determine the growth pattern of the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) plant, 'Catalina' cultivar, during its vegetative cycle, in Alajuela, Costa Rica.

A Randomized Complete Block Design with four replications was used. Samples were taken every two weeks during the plant's cycle.

The growth was slow during the stages of germination, sprouting and establishment of the tomato plant (0-6 DAP- days after planting). Subsequently, at the vegetative growth and fructification stages (60-90 DAP) the rate of growth increased and the total dry weight of the plant reached its highest value. In the maturation and senescence stages (90-135 DAP), the growth rate diminished and stabilized between 120-135 days after planting.

The Relative Growth Index (RGI) and the Net Assimilation Index (NAI) were greatly reduced because of the blooming and fruit bearing, which affected the total growth of the plant.

The foliar dry weight made up about 50% of the total dry weight of the plant. There was not a balanced weight relation between the dry weight of the root and the aerial dry weight.

INTRODUCCIÓN

El análisis del crecimiento permite obtener un estimado del incremento o decremento de la eficiencia fotosintética durante el ciclo de vida de la planta. Además se puede efectuar medidas bajo condiciones naturales como el incremento del crecimiento mediante la determinación del peso seco de la planta (Ateward, 1969).

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

** Mag. Sc. Programa de Hortalizas, Estación Experimental Fabio Baudrit M., Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

La planta de tomate crece con mayor rapidez a partir de su establecimiento a los 40 días después de la siembra y durante el desarrollo vegetativo y floración, el peso seco total se incrementa hasta alcanzar su máximo valor en la fructificación 120 días después de la siembra (Fernández; *et al.* 1975; Gargantini y García, 1963). En sus trabajos Ward (1967) encontró que la tasa de incremento de materia seca es bastante alta en plantas jóvenes y decrece conforme la planta se desarrolla.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el patrón de crecimiento de plantas de tomate para mesa, cv. Catalina, bajo condiciones de campo.

MATERIALES Y METODOS

Este estudio se realizó en la Estación Experimental Fabio Baudrit M. de la Universidad de Costa Rica, localizada en Barrio San José de Alajuela, a 10°1' latitud norte y 84°6' longitud oeste, con una altitud de 840 msnm. El trabajo de campo se realizó del 7 de Octubre de 1986 al el 19 de Febrero de 1987.

Los valores de los principales factores climáticos que se registraron durante el período en que se realizó el experimento se resumen en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Valores promedios quincenales de radiación solar, lluvia, humedad relativa y temperatura durante la ejecución del experimento. 7 Oct. 1986 - 19 Feb. 1987.

Periodo D.D.S*	Radiación cal.cm .min	Precipitación mm	Humedad rela- tiva %	Temperatura °C
0-15	354,0	11,1	89,2	21,7
15-30	455,0	10,1	86,4	22,1
30-45	409,0	1,0	81,7	23,0
45-60	485,0	3,3	78,4	22,7
60-75	466,0	0,0	71,0	23,5
75-90	478,0	0,0	71,0	23,4
90-105	517,0	0,0	69,5	23,1
105-120	525,0	0,0	70,1	23,6
120-135	58,0	0,0	75,4	25,3

* Días después de la siembra.

La preparación del terreno y el manejo del cultivo fueron realizados según las recomendaciones dadas para la siembra comercial de tomate (Molina y Hernández, 1983).

Se utilizó semilla del cultivar de tomate para mesa Catalina, cuya siembra se efectuó en forma directa, con una distancia de 1,2 m entre hileras y 0,5 m entre plantas.

A la siembra se aplicó una fertilización básica de 50, 150, 50 y 35 kg/ha N, P₂O₅, K₂O y S, respectivamente. Se realizó una segunda fertilización a los 30 días después de la siembra (DDS), que consistió en la aplicación de 75, 225, 75 kg/ha N, P₂O₅ y K₂O. A los 60 DDS se aplicaron 63, 18, 53, 21 y 7 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O, MgO y B203, respectivamente. La última fertilización se hizo a los 110 DDS, en la cual se aplicaron 67 kg/ha de N. También se efectuaron cinco aplicaciones de fertilizante foliar a base de azufre, magnesias, boro y zinc, a partir de los 30 DDS, con un intervalo de 22 días entre cada una. Para mantener un adecuado contenido de humedad en el suelo durante la época seca, se aplicó riego superficial por surcos.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Cada parcela experimental consistió de 16 plantas (9,6 m) y la parcela útil de cuatro plantas (2,4 m).

Los muestreos se efectuaron en forma quincenal hasta los 135 DDS y consistieron de la recolección de cuatro plantas completas de tomate, las cuales se separaron en sus diferentes órganos, para luego secarlas hasta peso constante en una estufa a 70°C por 48 horas. Para determinar el área foliar se relacionó el peso seco de una muestra de área conocida, tomada con un sacabocados, con el peso seco foliar total de cada repetición.

Las variables analizadas fueron: peso seco, área foliar y los siguientes índices de crecimiento según Bertsch (1980) y Radfor (1967): Índice de Crecimiento Relativo (ICR), Índice de Asimilación Neta (IAN), Índice de Área Foliar (IAF), Razón de Área Foliar (RAF) y Razón de Peso Foliar (RPF).

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Peso seco

En el Cuadro 2 y Figura 1 se puede observar la producción de materia seca total durante el ciclo de cultivo del tomate, la cual presentó tres etapas de crecimiento bien definidas: a. De los 0 a los 60 DDS: esta fase se caracterizó por un lento crecimiento, debido a que en este periodo la planta es muy pequeña y apenas estaba desarrollando su sistema radical y foliar, razón por la que la producción de materia seca por unidad de área y tiempo fue muy pequeña. b. De los 60 a los 90 DDS: durante esta etapa se produce un rápido crecimiento y un gran incremento en la acumulación de materia seca, lo cual puede atribuirse a que la planta ya se ha desarrollado, por lo que está en capacidad de producir los fotosintatos que requiere para su crecimiento normal. c. De los 90 DDS hasta el final del ciclo de cultivo: en esta etapa la velocidad de crecimiento disminuye, y tiende a estabilizarse. Como resultado de la gran demanda de energía y fotoasimilados que ejerce la maduración de los frutos y de los efectos detrimentales

del proceso de senescencia. Este resultado concuerda con lo encontrado por varios autores Fernández *et al.* (1975); Gargantini y García (1963); Ward (1967).

El crecimiento de las raíces se caracterizó por ser bastante estable durante todo el ciclo con variaciones de poca magnitud.

CUADRO 2. Peso seco (g) total y de cada órgano de la planta de tomate en función del tiempo. Alajuela. 1986-1987.

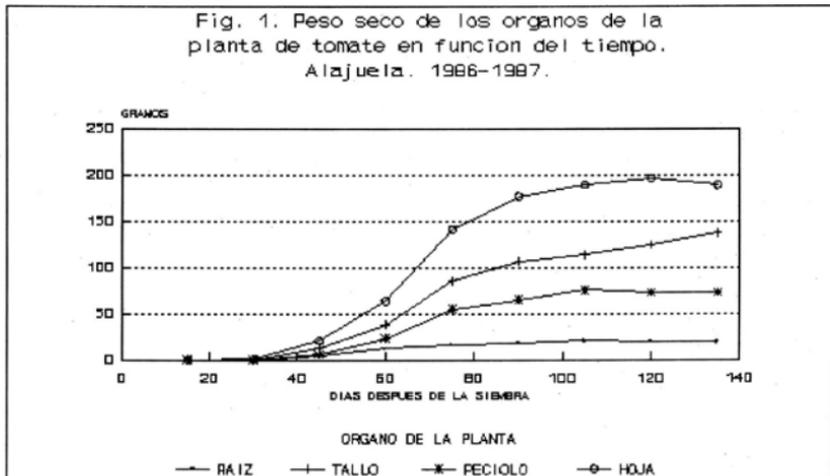
EDAD DDS 1/	RAIZ	TALLO	PECIOLO	HOJA 2/	FLOR	FRUTO	TOTAL
15	0,01c*	0,01d	0,04c	0,04d	0,00	0,00	0,10d
30	0,18c	0,35d	0,18c	1,02d	0,00	0,00	1,73d
45	3,91c	12,58cd	6,28bc	12,06d	0,34	0,00	44,17d
60	12,64b	38,39c	23,61b	63,91c	1,64	6,24	146,43d
75	16,96ab	85,96b	55,04a	141,52b	3,65	133,80	436,93c
90	18,78a	107,12ab	65,48a	176,96ab	4,38	270,72	642,44bc
105	21,40a	114,15ab	75,64a	189,56a	0,36	330,20	731,31ab
120	20,36a	125,00a	73,08a	196,56a	0,18	352,08	767,26ab
135	19,60a	137,46a	72,91a	189,47a	0,12	459,17	878,73a

(1): DDS= Días después de la siembra

(2): Hoja= Se refiere a lámina foliar

*/ Promedios con igual letra dentro de cada columna no difieren según la prueba de Tukey (P 0.05).

Fig. 1. Peso seco de los órganos de la planta de tomate en función del tiempo. Alajuela. 1986-1987.



Los pesos secos de tallos y pecíolos presentaron un comportamiento muy similar a través del tiempo. El crecimiento fue muy lento en sus primeras etapas pero alrededor de los 45 días se aceleró hasta llegar a los 75-90 DDS, período a partir del cual se estabilizó y se mantuvo así hasta el final del ciclo de cultivo; ver Cuadro 2. Este período coincidió con el inicio de la maduración de los frutos, lo que parece indicar que la translocación de fotoasimilados hacia tallos y pecíolos cesó.

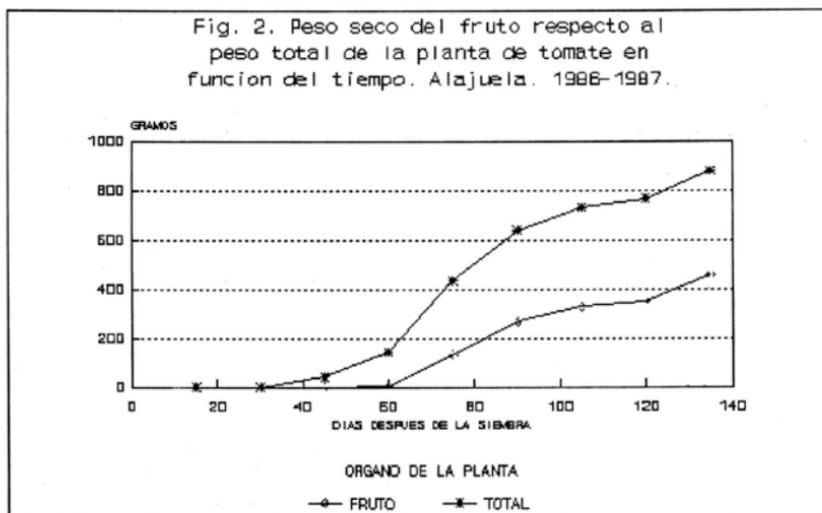
Las hojas presentaron una gran acumulación de materia seca durante todo el ciclo, lo que hace que la planta de tomate tenga una gran cantidad de follaje, razón por la que se esperaría una gran actividad fotosintética por parte de ésta (Shibles y Weber, 1965).

Desde el inicio del ciclo hasta los 45 DDS aproximadamente, el crecimiento del sistema foliar fue muy lento. Posteriormente, de los 45 a los 90 DDS se produjo una elevación brusca en el peso seco de las hojas, formándose de esta manera el gran sistema foliar que ostenta la planta de tomate.

Después de los 90 DDS el crecimiento tendió a estabilizarse e incluso comienza a disminuir debido al deterioro y caída de hojas producto del proceso de senescencia que sufre la planta. Además, durante este mismo período una gran proporción de fotoasimilados es destinada a la formación y llenado de frutos, no así a la producción de follaje nuevo (Cadahia y Hernando 1965; García 1963 y Hernando *et al.* 1964).

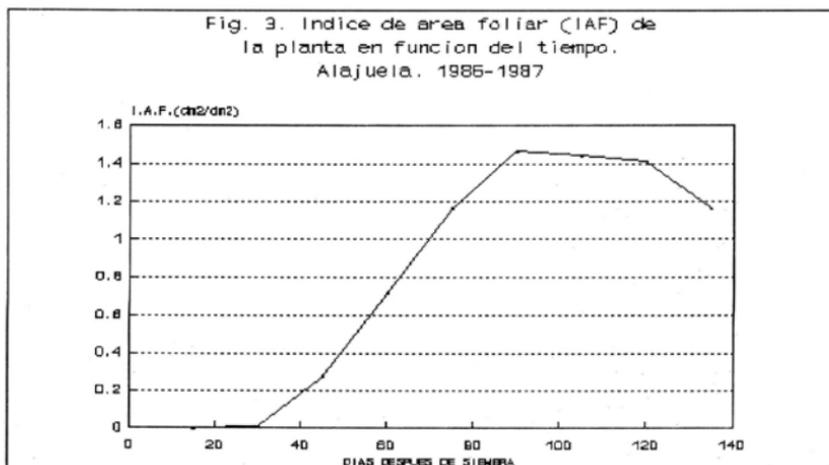
La aparición de las primeras flores ocurrió a los 35 DDS. A los 90 DDS, el peso seco floral alcanzó su máximo valor. A partir de esta fecha los valores declinan abruptamente hasta los 105 DDS, permaneciendo con valores cercanos a cero durante el resto del ciclo, Cuadro 2. Este comportamiento se debe a que muchas de las flores producidas inicialmente se convierten en frutos, mientras que otras son abortadas en forma natural por la planta.

En el Cuadro 2 y Figura 2 se aprecia el comportamiento del peso seco de los frutos. La aparición de estos órganos ocurrió a los 60 DDS aproximadamente. A partir de esta edad la planta invierte una gran cantidad de fotoasimilados en frutos, produciéndose así un gran incremento en el peso seco de éstos, el cual continuó en aumento hasta el final del ciclo de cultivo. A los 85 DDS aproximadamente se inició la maduración de los frutos, proceso que aumenta la demanda de fotosintatos y nutrientes, dando como resultado un incremento en el peso de estos órganos.



2. Indices de crecimiento

Indice de área foliar (IAF) Indica la magnitud de la cobertura foliar del cultivo. En la Figura 3 se observa que el IAF de la planta presentó una tendencia creciente hasta los 90 DDS aproximadamente, lo que indica que el área foliar (AF) se incrementó y acumuló sobre una superficie de suelo determinada. De los 90 a los 120 DDS el índice se estabilizó y fue cuando exhibió los máximos valores (más de 1,4 dm²/dm²), lo que se puede interpretar que la planta ha alcanzado su máximo desarrollo



foliar y por ende la mayor captación de luz, pues se sabe que la fracción de radiación interceptada por un cultivo depende principalmente del IAF (Bertsch, 1980; Shibles; Weber, 1965). Sin embargo, el IAN presentó valores muy bajos durante este mismo período (Cuadro 3), debido posiblemente a los altos valores del IAF, los cuales por su magnitud conducen a un balance desfavorable fotosíntesis - respiración, lo que va en detrimento de la eficiencia en la acumulación de materia seca (Asencio; Fargas, 1973; Bertsch, 1980).

La pérdida de follaje de la planta, producto de la senescencia, hace que el IAF disminuya en las etapas finales del ciclo de cultivo. Razón de área foliar (RAF): expresa que cantidad del área foliar fotosintética corresponde a cada gramo del peso seco total de la planta. En el Cuadro 3 se puede apreciar que al inicio del ciclo, hasta los 60 DDS aproximadamente, la RAF presentó los mayores valores, con una proporción entre el AF y el peso seco total de la planta cercana a la 1:1. Estos valores son razonables, ya que para la planta es fundamental establecer su sistema foliar tempranamente, pues de éste depende en gran manera su desarrollo posterior.

A partir de los 45 DDS la RAF comenzó a decrecer constantemente hasta el final del ciclo, que fue cuando obtuvo su menor valor. Estos resultados indican que el aumento en el peso seco total durante esta fase, se debió mayormente al incremento de peso seco de los frutos (Cuadro 2), por lo que la producción de nuevas hojas es insuficiente para reponer las hojas perdidas. Después de los 45 DDS, momento en el que se da el 100% de la floración, la planta inicia la translocación de fotosintatos hacia las flores y posteriormente hacia los frutos, disminuyendo de esta manera la RAF; ya que mientras el peso seco total aumenta aceleradamente, el AF no crece en la suficiente proporción como para mantener altos los valores iniciales de este parámetro. posterior a los 60 DDS ocurre la fructificación, proceso que origina una mayor disminución de la RAF debido al aumento en el peso seco de los frutos y a la pérdida simultánea de follaje consecuencia de la senescencia de la planta.

Razón de peso foliar (RPF): Es un índice de la proporción de biomasa total de la planta que está invertida en hojas. En el Cuadro 3 se observa que desde el inicio del ciclo hasta los 60 DDS se presentaron los mayores valores de la RPF, cercanos a 0,6 gramos de follaje por gramo de peso seco total, o sea, que hasta el momento cerca el 60% del peso seco total está constituido por el follaje, el cual producirá los fotosintatos necesarios para su desarrollo. Después de los 60 DDS, los valores de la RPF decrecieron debido a que gran cantidad de la biomasa producida es destinada a la fructificación, así como también a la pérdida de follaje.

Índice de crecimiento relativo (ICR): Se refiere al crecimiento de peso seco a partir de un peso seco anterior, por unidad de tiempo. En el Cuadro 4 se observa que los mayores valores del ICR total se presentaron al inicio del ciclo de cultivo. Esto se debió a que la planta al inicio de su ciclo mostró gran crecimiento activo, el cual le es necesario para poder desarrollar sus sistemas radical y foliar, estructuras que le son muy importantes para establecerse en el medio.

CUADRO 3. Área foliar (AF), índice de área foliar (IAF), razón de área foliar (RAF), razón de peso foliar (RPF) e índice de asimilación neta (IAN) de la planta de tomate en función del tiempo. Alajuela. 1986-1987.

EDAD dds 1/	AF dm	IAF dm /dm	RAF dm /g	RPF g/g	IAN g/dm /día
15	0,070c*	0,000c	1,233a	0,645ab	
30	2,207c	0,009c	1,302a	0,695a	0,184
45	65,718c	0,274c	1,492a	0,620ab	0,151
60	171,578b	0,715b	1,171a	0,598b	0,047
75	279,307a	1,164a	0,638b	0,449c	0,087
90	351,840a	1,466a	0,555b	0,380cd	0,051
105	346,192a	1,442a	0,473b	0,364de	0,024
120	339,577a	1,415a	0,451b	0,359de	0,025
135	279,775a	1,166a	0,323b	0,302e	0,054

* Promedios con igual letra dentro de cada columna no difieren según la prueba de Tukey (P 0.05).

1/ Días después de la siembra.

CUADRO 4. Índice de crecimiento relativo (ICR) de cada órgano y total de la planta de tomate en función del tiempo. Alajuela. 1986-1987.

PERIODO dds 1/	I.C.R. (g/g/día)						
	RAIZ	TALLO	PECIOLO	HOJA	FLOR	FRUTO	TOTAL
15-30	0,193	0,236	0,108	0,222	---	---	0,227
30-45	0,205	0,239	0,236	0,202	---	---	---
45-60	0,078	0,075	0,088	0,074	0,104		0,080
60-75	0,020	0,054	0,056	0,053	0,054	0,205	0,073
75-90	0,006	0,014	0,011	0,015	0,012	0,046	0,026
90-105	0,009	0,005	0,010	0,005	-0,170	0,014	0,009
105-120	-0,003	0,004	-0,003	0,002	-0,046	0,003	0,002
120-135	-0,002	0,008	0,000	-0,002	-0,028	0,019	0,010

1/ Días después de la siembra.

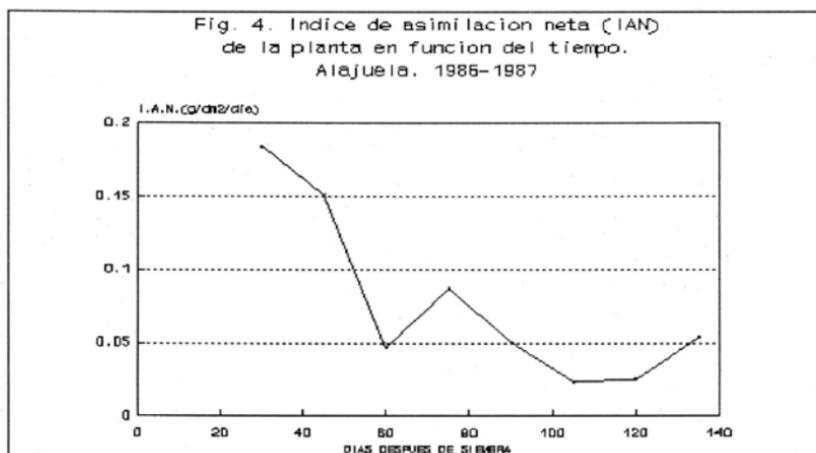
Al inicio de la floración (45 DDS) y de la maduración de los frutos (90 DDS) se produjeron decrecimientos en el ICR total, los cuales son debidos posiblemente a la remoción de elementos y gasto energético provocados por dichos procesos.

El ICR total decreció constantemente conforme transcurría el tiempo, presentándose los menores valores al final del ciclo, que fue cuando la planta se encontraba en la etapa de senescencia. En general, las ICR de cada órgano de la planta mostraron este comportamiento.

Índice de asimilación neta (IAN): Es considerado como un indicativo de la eficiencia fotosintética promedio, ya que permite medir la ganancia neta de peso seco de la planta debido al área foliar. En el Cuadro 3 y Figura 4 se aprecia que los valores más altos de este índice se produjeron al inicio del ciclo, lo cual se debió a que las hojas aún no presentaban competencia por luz al no haber autosombreo, lo que redundó en términos relativos en una gran exposición del tejido asimilatorio.

Posterior al inicio de la floración (45 DDS) y de la maduración (90 DDS), los valores del IAN sufrieron una reducción considerable debida posiblemente a la ocurrencia de tales procesos, ya que estos significan para la planta un alto gasto energético. Al final del ciclo las hojas sufren los efectos de la senilidad, es decir, el deterioro, sin haber reposición inmediata de follaje nuevo, lo que también pudo originar el decrecimiento del IAN en ese periodo.

Hay que tomar en cuenta que por tratarse de un fruto climatérico, durante la maduración del tomate se produce el fenómeno conocido como "respiración resistente al cianuro", el cual origina una disminución en el IAN de la planta.



RESUMEN

En el presente trabajo se determinó el patrón de crecimiento del tomate para mesa cv. Catalina, durante el ciclo de la planta en Alajuela. Costa Rica.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Se realizaron muestreos cada 15 días durante el ciclo de la planta.

Durante la etapa de germinación, brotación y establecimiento del tomate (0-6 DDS), el crecimiento de la planta fue muy lento. Posteriormente en la etapa de desarrollo vegetativo y fructificación (60-90 DDS), la tasa de crecimiento aumentó y el peso seco total de la planta alcanzó el máximo valor. En la etapa de maduración y senescencia (90-135 DDS), el crecimiento disminuyó hasta llegar a estabilizarse entre los 120 y 135 días después de la siembra

El Índice de Crecimiento Relativo (ICR) y el Índice de Asimilación Neta (IAN) se redujeron notablemente debido a la floración y la fructificación, que causó una disminución en el crecimiento total de la planta.

El peso seco foliar constituyó alrededor del 50% del peso seco total de la planta. No existió una relación de peso equilibrada entre el peso seco radical y el peso seco aéreo.

LITERATURA CITADA

- ASCENCIO, J.; FARGAS, J. E. 1973. Análisis del crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L. "Turrialba -4") cultivado en solución nutritiva. Turrialba (C.R.) 23(4):420-427.
- BERTSCH, F. 1980. Análisis del crecimiento y la nutrición vegetal. Turrialba, C.R., CATIE. 23 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.
- FERNANDEZ, P.D.; CHURATA-MASCA, M.G.; OLIVEIRA, G.D.; HAAG, H.P. 1975. Nutricao mineral de hortaliças. XXII Absorçao de nutrientes pelo tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.), en cultivo rasteiro. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Bra.) 32:595-607.
- GARGANTINI, M.; GARCIA, H. 1963. Marcha de absorçao de nutrientes pelo tomateiro. Bragantia (Bra.) 22 (56) : 693-71

- 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.
- MOLINA, M.; HERNANDEZ, J. 1983. Guía de producción de tomate. Programa de Hortalizas, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit M. (CR). 5 p.
- RADFORD, P. 1967. Growth analysis formulae: their use and abuse. *Crop Science (EEUU)* 7(3): 171-173.
- SHIBLES, R.M.; WEBER, C.R. 1965. Leaf area solar radiation interception and dry matter production by soybeans. *Crop Science (EEUU)* 5(6): 575-577.
- STEWART, F.D. 1969. Growth and organization in plants. Mass., EEUU, Addison-Wesley. 564 p.
- WARD, G.M. 1967. Growth and nutrient absorption in greenhouse tomato and cucumber. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science (EEUU)*. 90:335-341.