

Respuesta del tomate chonto cultivar Unapal Maravilla, a diferentes concentraciones de nutrientes

Response of tomato to different concentrations of nutrients

M. Sara Mejía de Tafur, Edgar I. Estrada S., M. Margarita Franco P.

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, AA 237. Palmira, Valle del Cauca, Colombia.
Autor para correspondencia: smejiat@palmira.unal.edu.co

REC: NOVIEMBRE 15/06 ACCEPT: MAYO 7/07

RESUMEN

En las casas de malla de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira se realizó un experimento con el objetivo de determinar los requerimientos nutricionales del tomate UNAPAL Maravilla para lo cual se empleó el sistema de hidroponía con sales grado reactivo y agua destilada y se escogió un diseño completamente al azar con 16 tratamientos y cinco repeticiones, se realizaron evaluaciones a los 27, 34, 42, 54 y 92 dds. La etapa de desarrollo adecuada para determinar los requerimientos nutricionales se presentó a los 47 dds en prefloración, poco antes de comenzar la fase lineal de crecimiento. Los requerimientos de N estuvieron entre 13 - 20 mM; los de P, 1 - 1.5 mM; los de K, 5 - 8 mM; los de Ca, 4 - 6 mM; y los de Mg, 2 - 4 mM.

Palabras claves: *Lycopersicon esculentum* Mill, Tomate chonto, requerimientos nutricionales.

ABSTRACT

In the greenhouse of the Universidad Nacional de Colombia at Palmira branch an experiment to determine the nutritional requirements of tomato UNAPAL Maravilla under hydroponic system, using reactive degree salts and distilled water was carried out. The data demonstrated that the suitable stage of development to determine the nutritional requirements is 47 days after planting, since the plants are in preflowering, shortly before beginning the linear phase of growth. The nutritional requirement of tomato is: N, 13 - 20 mM; P, 1 - 1.5 mM; K, 5 - 8 mM; Ca, 4 - 6 mM; and Mg, 2 - 4 mM.

Key words: *Lycopersicon esculentum* Mill, Tomato, nutritional requirement.

INTRODUCCIÓN

El tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill, cuyo origen está en América tropical, es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico, representa el 30% de la producción hortícola mundial. Los principales países productores son India, Turquía, Egipto, Estados Unidos, Brasil y Chile. Colombia con 14.530 ha y rendimiento promedio de 25.78 tha^{-1} ocupa el lugar 41 en cuanto a área sembrada y el puesto 65 en cuanto a rendimiento en el mundo; en Suramérica, ocupa el séptimo lugar en rendimiento, con

un valor que está dentro del promedio regional (FAO, 2007). En el Valle del Cauca se siembran alrededor de 1.500 hectáreas al año (FAO, 2002) casi todas ubicadas en zonas cálidas entre 0 y 1.300 msnm.

El alto potencial de producción del tomate hace que requiera grandes cantidades de nutrientes para compensar la alta producción de biomasa. La nutrición se explica en función de la participación de los nutrientes en el metabolismo de la planta, presenta impacto importante sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, precocidad, rendimiento y calidad de los

frutos y ejerce influencia secundaria sobre la resistencia y tolerancia a plagas y enfermedades, debido al efecto que tiene sobre el patrón de crecimiento, la morfología y en particular sobre la composición química de la planta; tanto el déficit como el exceso de un elemento o las interacciones antagonicas en la solución nutritiva son perjudiciales (Serrano, 1982; Bergmann, 1992; Takahashi, 1993; Marschner, 1995; Cánovas, 1995; Rodríguez del Rincón, 1995; Chamarro, 1995; Castillo, 1995; Escobar *et al.*, 2001; Medina *et al.*, 2001; Escobar y Cooman, 2001).

Teniendo en cuenta la acumulación de biomasa durante el desarrollo del tomate, Lara (1999) diferencia cinco etapas: crecimiento vegetativo, floración, fructificación, inicio de maduración y maduración; Escobar (2001) diferencia tres etapas, la primera va desde la germinación hasta los 45 días (aparición de los primeros racimos florales); la segunda hasta los 55 días después de la siembra (primeros frutos formados), presenta mucha demanda de P debido a la producción de estructuras reproductivas; la tercera etapa productiva va hasta el final de la cosecha y presenta la mayor acumulación de biomasa por lo que demanda altas cantidades de nutrientes en especial de P y K para el llenado de frutos.

Guerrero (1995) indica que para producir 50 t ha^{-1} de tomate en un sistema de cultivo en suelo, la planta extrae 140 kg ha^{-1} de Nitrógeno, 28.4 kg ha^{-1} de Fósforo, 158 kg ha^{-1} de Potasio, 14.7 kg ha^{-1} de Magnesio y 30 kg ha^{-1} de Azufre. Los rangos de concentración óptimos en hojas bien desarrolladas se estiman entre 4.0 - 5.5% de N; P, 0.4 - 0.65%; K 3.0 - 6.0%; Ca 3.0 - 4.0%; Mg 0.3 - 0.8%; B, 40 - 80 ppm; Mo 0.3 - 1.0 ppm; Mn, 40 - 100 ppm; Zn, 30 - 80 ppm y Cu 6 - 12 ppm. (Marschner, 1995)

La nutrición es un factor que se puede controlar y manejar ya que mediante sistemas de cultivo se pueden implementar enmiendas y programas de fertilización para lograr alta productividad; pero se requieren estudios básicos y aplicados de la planta y de la respuesta fisiológica en diferentes condiciones ambientales. Las recomendaciones de fertilización para cultivos de tomate en Colombia se basan en estudios y experiencias realizados en Brasil, Israel, Estados Unidos y algunos países europeos, sin que se hayan hecho suficientes investigaciones en condiciones agroecológicas locales.

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar la respuesta fisiológica del tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill cultivar UNAPAL Maravilla, a diferentes concentraciones de N, P, K, Ca y Mg en la solución nutritiva, con el fin de determinar los requerimientos

nutricionales de la planta, en Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se cumplió en las casas de malla de la Universidad Nacional de Colombia en Palmira, Valle del Cauca (1.050 msnm, 23.5° C ; humedad relativa del 77%; precipitación anual de 1.174 mm; evaporación de 1.640.4 mm por año). En el interior de las casas la H.R. promedio fue de 56% (35 - 76%) y la temperatura de 32° C ($20-41^\circ \text{ C}$). Se empleó el sistema de hidroponía y se sembró la variedad de tomate UNAPAL-Maravilla, cultivar tipo chonto, de crecimiento indeterminado, alto rendimiento y buena calidad del fruto; la primera inflorescencia aparece a los 30 días después del trasplante, a 25 cm de altura (Vallejo, 1999; Estrada *et al.*, 2004).

Los semilleros se establecieron en bandejas empleando como sustrato arena cuarcítica, se usó agua destilada para el riego; las plántulas fueron trasplantadas a los 21 días después de la siembra a macetas individuales de 3.000 cm^3 de capacidad, las cuales sellaron con las diferentes soluciones nutritivas, según el tratamiento; a las soluciones se inyectó aire permanentemente, empleando compresores.

Se escogió un diseño completamente al azar con 16 tratamientos (Tabla 1) seis muestreos escalonados y cinco repeticiones; para 480 unidades experimentales. Se tomó como tratamiento testigo la solución propuesta por Hoagland y Arnon en 1952 para tomate (Salisbury y Ross, 1994; Marschner 1995; Ascon Bieto y Talón, 2001). A partir de la solución testigo se variaron las concentraciones de cada elemento así: alta, concentración de la solución de Hoagland y Arnon más la mitad; media, un cuarto de la concentración alta; baja, un cuarto de la concentración media, Las soluciones se prepararon con las sales NH_4NO_3 , Na_2HPO_4 , K_2SO_4 , CaSO_4 , MgSO_4 , grado reactivo marca Merck y agua destilada. El pH se controló con HCl o NaOH; la conductividad eléctrica se estabilizó adicionando agua destilada cuando era mayor de 2.5 mmhos/cm o solución nutritiva si era menor de 2 mmhos/cm (Varela *et al.*, 2002).

De acuerdo con la diferenciación de las etapas de crecimiento planteadas por Escobar, 2001, se realizaron muestreos a los 27, 34, 42, 47 y 54 días, con el fin de determinar la respuesta en prefloración y 92 días después de la siembra. Se evaluó la biomasa seca total acumulada en hojas, tallos, raíces, flores y frutos.

El análisis estadístico de los datos se hizo mediante análisis de varianza usando el programa SAS

Tabla 1. Soluciones nutritivas empleadas.

Tratamiento	Concentración del elemento en la solución (mM)				
	N	P	K	Ca	Mg
Completo	15.00	1.00	6.03	5.00	3.00
N alto	22.50	1.00	6.03	5.00	3.00
N medio	5.63	1.00	6.03	5.00	3.00
N bajo	1.41	1.00	6.03	5.00	3.00
P alto	15.00	1.50	6.03	5.00	3.00
P medio	15.00	0.37	6.03	5.00	3.00
P bajo	15.00	0.09	6.03	5.00	3.00
K alto	15.00	1.00	9.04	5.00	3.00
K medio	15.00	1.00	2.26	5.00	3.00
K bajo	15.00	1.00	0.56	5.00	3.00
Ca alto	15.00	1.00	6.03	7.50	3.00
Ca medio	15.00	1.00	6.03	1.88	3.00
Ca bajo	15.00	1.00	6.03	0.47	3.00
Mg alto	15.00	1.00	6.03	5.00	4.50
Mg medio	15.00	1.00	6.03	5.00	1.13
Mg bajo	15.00	1.00	6.03	5.00	0.28

(Statistical Analysis System) versión 8.1 subrutina GLM para efectos generales y posterior comparación de medias usando la prueba de Duncan al 5%. Se realizaron regresiones de tercer grado para determinar los rangos de concentración óptima para cada elementos nutritivo; se trazó una línea paralela al eje de las x tomando el 90% de la producción máxima de biomasa y se proyectó de manera perpendicular a dicho eje, para situar los rangos óptimos de concentración para cada elemento nutritivo, lo cual está representado por las líneas punteadas en cada gráfica (Howeler, 1983).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la acumulación de biomasa de 27 a 54 días después de la siembra (dds) (Figura 1) se observan dos fases de crecimiento; la primera, de los 27 a 42 dds se presentó la fase logarítmica de crecimiento, lo que indica un crecimiento exponencial, donde el incremento de biomasa inicial es bajo, pero aumenta en forma continua y de manera proporcional al tamaño de la planta (Salisbury y Ross, 1994); la segunda fase, de 42 a 54 dds, presentó tendencia lineal, o velocidad de la acumulación de biomasa constante. Esto indica que la época crítica de crecimiento en tomate está alrededor de los 42 dds, cuando comenzó un crecimiento acelerado que coincidió con la aparición de los primeros racimos florales, por lo que requiere condiciones óptimas de nutrición (Vallejo, 1999; Escobar, 2001; Estrada, 2004).

El análisis estadístico indicó que a los 27 dds no se presentaron respuestas significativas en la acumulación de biomasa seca del tomate a las diferentes concentraciones de nitrógeno, potasio, calcio y magnesio; se pudo

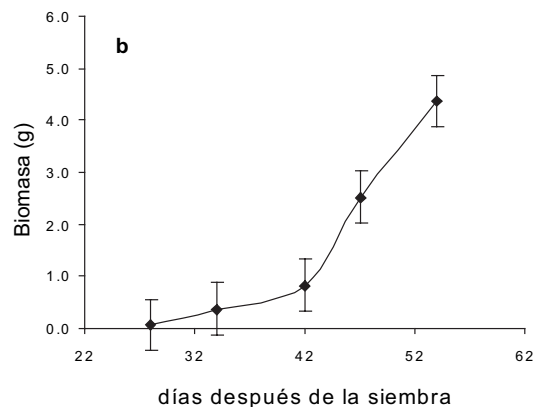


Figura 1. Acumulación de biomasa en la planta de tomate de 28 a 54 días después de la siembra. Los datos son un promedio de todos los tratamientos. Las barras indican la desviación estándar.

observar respuesta a concentraciones mayores de fósforo (Tabla 2). En general se puede decir que hasta los 27 dds la planta de tomate crece bien, cuando la solución nutritiva presenta una concentración de 1.41 mM de N (bajo); 0.37 mM de P (medio); 0.56 mM de K (bajo); 0.47 mM de Ca (bajo) y 0.28mM de Mg (bajo), debido posiblemente a la baja absorción de nutrientes en esta fase del crecimiento de la planta como consecuencia del tamaño. Es importante anotar que la solución nutritiva propuesta para esta etapa conserva las relaciones de las bases intercambiables de la solución completa de Hoagland, usada como control en este experimento y que corresponde a 1.21 para K/Ca; 2.01 para K/Mg y 1.67 para Ca/Mg.

Tabla 2. Acumulación de biomasa total en plantas de tomate UNAPAL Maravilla 27 y 34 días después de la siembra y de biomasa en frutos 92 días después de la siembra, como respuesta a diferentes niveles de concentración de N, P, K, Ca y Mg.

Tratamiento	Biomasa total (g)		Tratamiento	Biomasa total (g)		Tratamiento	Biomasa frutos (g)	
	27 dds			34 dds			92 dds	
P alto	0.125	a*	P alto	0.698	a*	K alto	23.888	a*
Mg medio	0.114	ab	P medio	0.698	a	P alto	14.024	ab
K alto	0.112	ab	K alto	0.695	a	Mg alto	13.158	ab
K medio	0.099	ab	Ca alto	0.665	ab	Completa	8.365	b
Ca alto	0.097	abc	Ca bajo	0.583	abc	Mg bajo	8.073	b
Ca bajo	0.095	abc	Ca medio	0.510	abc	K medio	8.031	b
P medio	0.093	abc	Mg bajo	0.505	abc	Ca bajo	7.035	b
Mg bajo	0.092	abc	K medio	0.505	abc	K bajo	5.243	b
Ca medio	0.074	bcd	Mg alto	0.475	acd	Ca alto	5.090	b
N bajo	0.073	bcd	Mg medio	0.413	cd	N alto	4.698	b
P bajo	0.071	bcd	K bajo	0.403	cd	Mg medio	4.358	b
K bajo	0.071	bcd	P bajo	0.393	cd	Ca medio	4.280	b
Mg alto	0.054	cde	N bajo	0.283	de	N medio	4.644	b
N alto	0.042	de	Completa	0.105	ef	N bajo	0.145	b
N medio	0.030	de	N medio	0.093	ef	P bajo	0.000	b
Completa	0.027	e	N alto	0.060	f	P medio	0.000	b

* Valores con igual letra en sentido vertical, son estadísticamente iguales (P<0.05)

A los 34 dds la acumulación de biomasa total no presentó diferencias significativas ante las concentraciones alta, media, baja y completa de nitrógeno (Tabla 2). El punto de equilibrio para suplir las necesidades de N en una solución nutritiva fue de 1.41 mM, valor que se encuentra por debajo de los niveles óptimos determinados por otros investigadores (Cánovas, 1995; Escobar *et al.*, 2001; Escobar y Cooman, 2001), lo cual se debe posiblemente a que la planta está en la fase logarítmica del crecimiento. En esta etapa el tomate también respondió al fósforo el cual es importante para el crecimiento de la planta y de la raíz (Escobar *et al.*, 2001) y comenzó a responder a mayores concentraciones de potasio, calcio y magnesio (Tabla 2). Una solución adecuada sería la de concentraciones medias de todos los elementos a excepción del N, es decir, Nitrógeno 1.41 mM; Fósforo 0.37 mM; Potasio 2.26 mM; Calcio 1.88 mM; Magnesio 1.13 mM.; conservando la relación K/Ca de 1.2; K/Mg de 2 y Ca/Mg de 1.6, presentada en la solución completa.

A los 42 días después de la siembra la acumulación de biomasa fue significativamente mayor en plantas que crecieron en la solución completa y el tratamiento con N alto (Figura 2), confirmando los enunciados de Cánovas (1995). Esto coincide con el inicio de la fase lineal del crecimiento o época crítica (Figura 1), por lo que se presenta una mayor demanda de nutrientes.

Los datos indican que el tomate responde bien al fósforo cuando la concentración de la solución nutritiva está entre 1 y 1.5 mM, las cuales corresponden a las soluciones completa y alta respectivamente (Figura 2). Las plantas sembradas en los tratamientos medio y bajo presentaron acumulación de biomasa significativamente menor. Escobar (2001) estima que la concentración ideal en la solución puede estar entre 0.64 y 1.61 mM. La producción de biomasa aumentó a medida que creció la concentración de N, P, K, Ca, Mg hasta un punto de saturación (Figura 2).

Se confirmó que la edad de 47 dds es adecuada para determinar los requerimientos nutricionales del

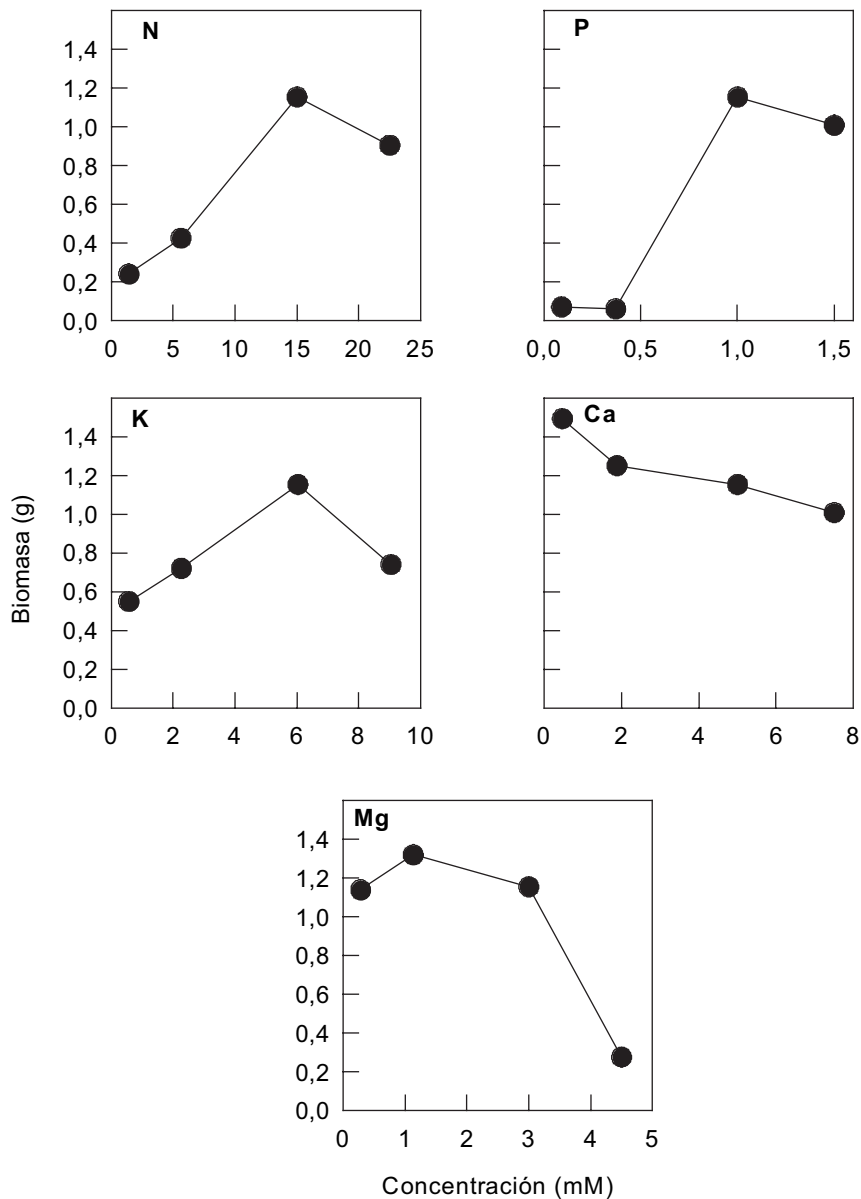


Figura 2. Respuesta fisiológica del tomate UNAPAL Maravilla a diferentes concentraciones de N, P, K, Ca y Mg a los 42 días después de la siembra.

tomate UNAPAL Maravilla debido a que está cerca al inicio de la fase lineal de crecimiento (Figura 1) y a que comienza la primera floración y por ende una etapa crítica para el crecimiento y desarrollo de la planta. A los 47 dds la mayor acumulación de biomasa seca total se dio en la solución completa; las menores producciones se presentaron cuando las concentraciones de

Nitrógeno y Fósforo fueron bajas a medias (Figura 3). El rango óptimo de concentración para N estuvo entre 13.22 - 19.54 mM; para P entre 0.91 - 1.33 mM; para K entre 4.63 - 7.85 mM; para Ca entre 3.84 - 6.23 mM; y para Mg entre 2.39 - 3.82 mM (Figura 3).

A los 54 dds, cuando comenzó el desarrollo de los frutos, el tomate respondió bien a altas concentraciones

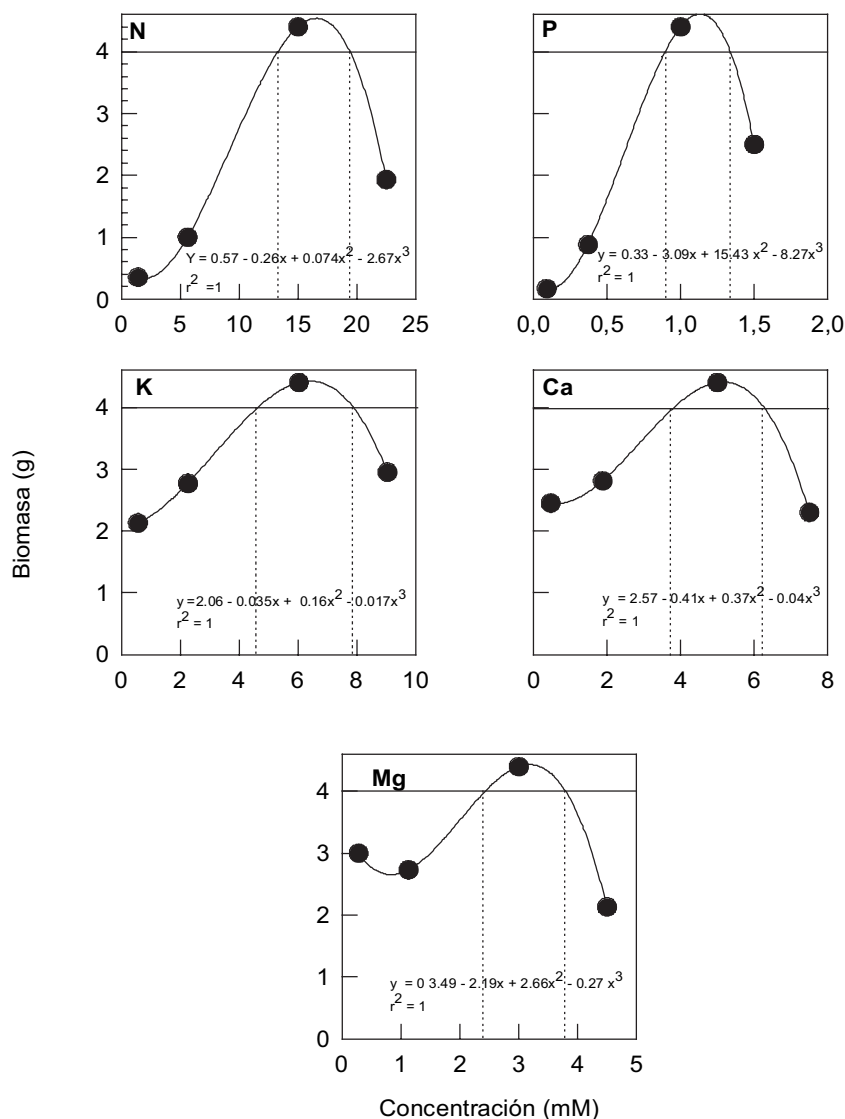


Figura 3. Respuesta fisiológica del tomate UNAPAL Maravilla a diferentes concentraciones de N, P, K, Ca y Mg a los 47 días después de la siembra.

de Mg, K, Ca (Escobar *et al.*, 2001). Cuando el suministro de N y P fue bajo o medio, la acumulación de biomasa disminuyó de manera significativa (Figura 4). El rango óptimo de concentración de N en la solución estuvo entre 13.22 – 22.07 mM; para P entre 0.89 – 1.50 mM; para K 3.27 – 8.0 mM; no se pudo calcular el rango óptimo para Ca y Mg debido a que no se presentó punto de saturación; pero se determinó como punto crítico para Ca 4.9 mM, y para Mg 4.16 Mm.

A los 47 y 54 dds coincidieron los rangos de concentración óptima de N y P; los datos fueron cercanos para K, pero la curva de respuesta a los 54 dds no presentó saturación, lo cual indica que con mayores concentraciones de este elemento se puede alcanzar mayor acumulación de biomasa. Para Ca y Mg las curvas no presentan saturación y las ecuaciones de regresión sólo permiten encontrar un valor mínimo o crítico de concentración.

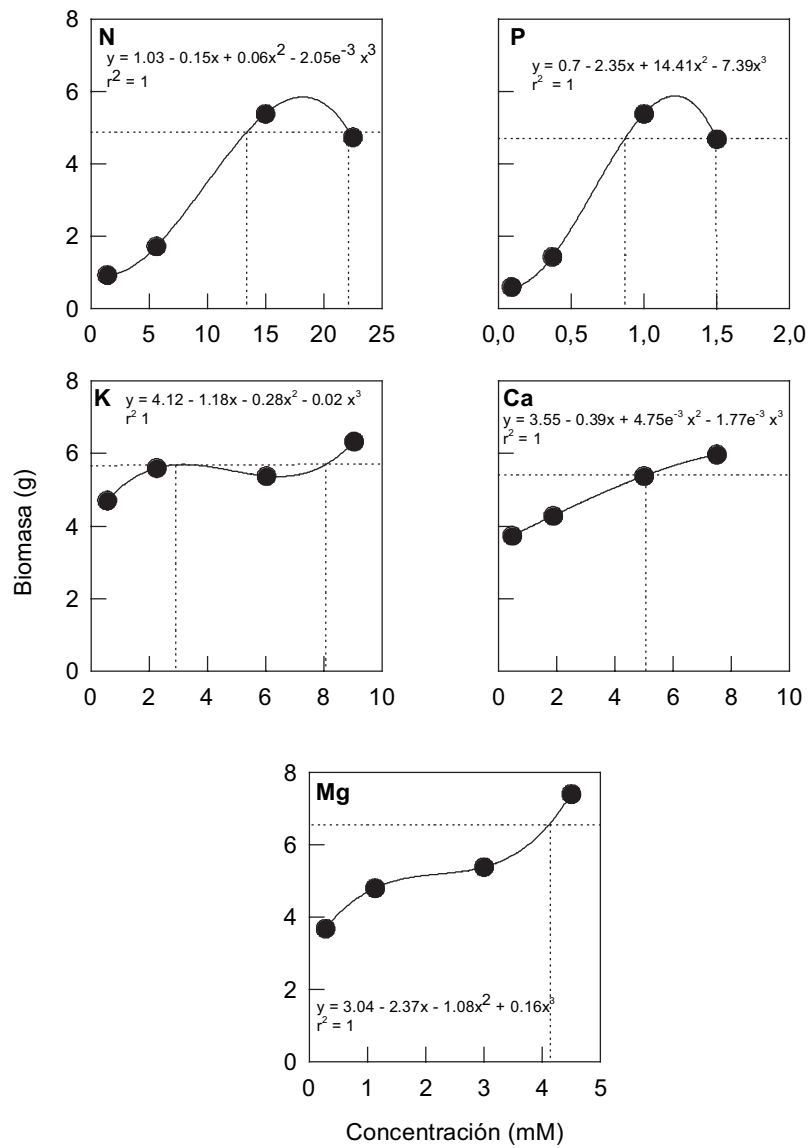


Figura 4. Respuestas en la acumulación de biomasa (materia seca) a diferentes concentraciones de N, P, K, Ca y Mg a los 54 días después de la siembra.

A los 92 dds el tomate presentó mayor acumulación de biomasa con concentraciones altas de K; sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. El rango óptimo de concentración de N estuvo entre 13.22 – 20.39; para P entre 0.9 y 1.50 mM; el punto crítico de concentración de K en la solución fue de 4.4 mM; el rango óptimo de concen-

tración de Ca en la solución nutritiva estuvo entre 1.45 – 6.09 mM. No se presentó respuesta a los diferentes niveles de concentración de Mg en esta etapa del cultivo (Figura 5). Además, plantas con suministro alto de P, K y Mg alcanzaron mayor acumulación de materia seca en los frutos (Tabla 2).

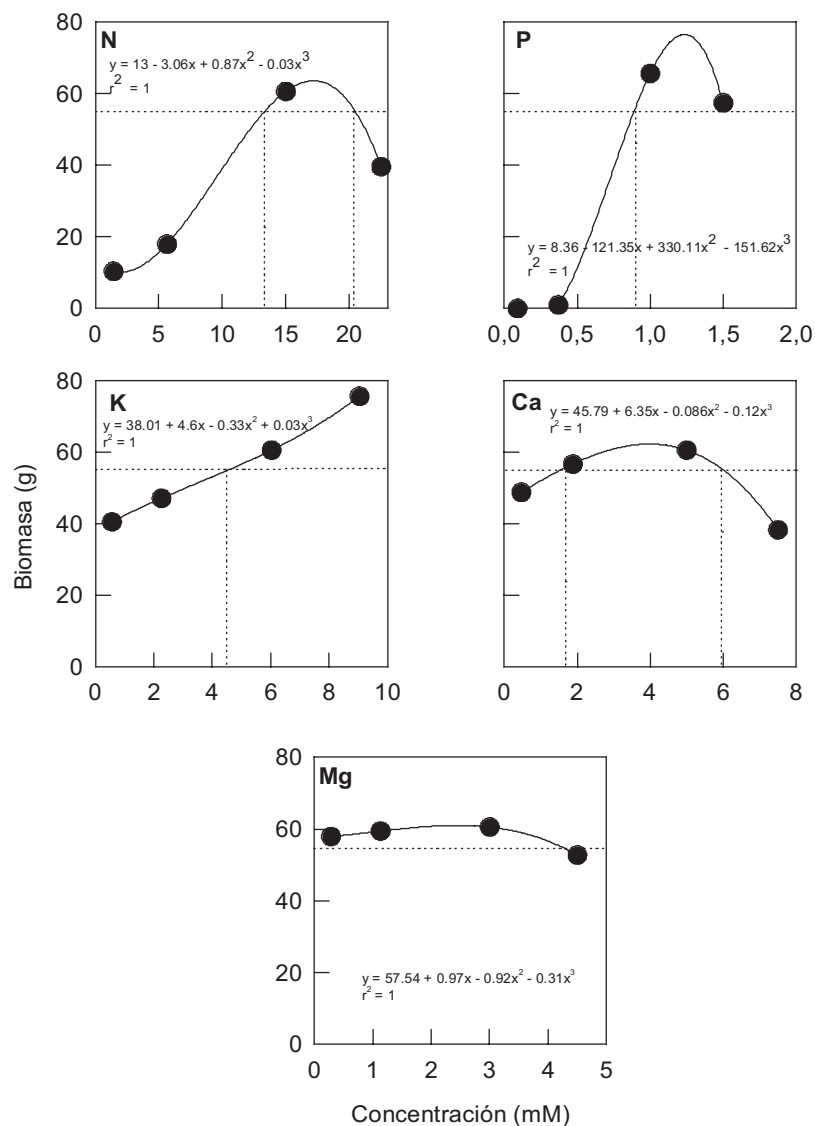


Figura 5. Respuesta fisiológica del tomate UNAPAL Maravilla a diferentes concentraciones de N, P, K, Ca y Mg, 92 días después de la siembra.

CONCLUSIONES

La época crítica del crecimiento del tomate comenzó a los 42 dds, que coincidió con la aparición de los primeros racimos florales.

Los requerimientos nutricionales del tomate se determinaron 47 dds ya que la planta estaba comenzando la fase crítica del crecimiento y presentaba la mayor demanda de nutrientes.

Los datos indican que en las primeras fases de crecimiento, 27 y 34 dds, las plantas pueden desarrollarse bien en soluciones nutritivas menos concentradas. Sin embargo es importante resaltar la importancia del P en esas etapas.

Los rangos de concentración óptimos de los elementos nutritivos coincidieron a los 47, 54 y 92 dds. Por tanto el tomate UNAPAL Maravilla requiere para óptimo

crecimiento, desarrollo y producción una solución con una concentración de N entre 13 y 20 mM; de P entre 1 y 1.5 mM; de K entre 5 y 8 mM; de Ca entre 4 y 6 mM; Mg entre 2 y 4.

A los 54 dds, cuando se presentó llenado de frutos, exigió mayor disponibilidad de K, Ca y Mg.

BIBLIOGRAFÍA

- Ascon Bieto; Talón (2001). Fundamentos de fisiología vegetal. Madrid: McGraw Hill/Interamericana. 522 p.
- Bergmann, W. (1992). Nutritional Disorders of Plants – Development, Visual and Analytical Diagnosis. Jena: Fisher Verlag.
- Castillo, N. (1995). Manejo del cultivo intensivo. En: Nuez, F. (ed). El cultivo del tomate. Madrid: Mundi-Prensa. p. 189 - 225.
- Cánovas, F. (1995). Manejo del cultivo sin suelo. En: Nuez, F. (ed). El cultivo del tomate. Madrid: Mundi-Prensa. p. 227-254.
- Chamarro, J. (1995). Anatomía y fisiología de la planta. En: Nuez, F. (ed). El cultivo del tomate. Madrid: Mundi-Prensa. p. 43-91.
- Escobar, H. (2001). Generalidades del cultivo. En: Escobar, H (ed). Producción de tomate bajo invernadero. Fundación Universidad de Bogotá, Jorge Tadeo Lozano. p. 13 – 19.
- Escobar, H.; Cooman, A. (2001). Manejo del cultivo. En: Escobar H. (ed) Producción de tomate bajo invernadero Fundación Universidad de Bogotá, Jorge Tadeo Lozano. p. 21 -27.
- Escobar, H.; Cooman, A.; Medina, A. (2001). Riego y fertilización. En: Escobar H (ed). Producción de tomate bajo invernadero. Fundación Universidad de Bogotá, Jorge Tadeo Lozano. p. 29 – 42.
- Estrada, E. I; García, M. A.; Baena, D.; Gutiérrez, A.; Cardozo C. I.; Sánchez, M. S.; Vallejo, F. A. (2004). Cultivo del tomate variedad UNAPAL Maravilla. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- FAO (2002). FAOStat estadística databases, agricultura, cultivos primarios, tomate. (www.fao.gov.co)
- FAO (2007). FAOStat estadística databases, agricultura, <http://faostat.fao.org/site/340/default.aspx>
- Guerrero, R. (1995). Fertilización de los cultivos de clima medio. Bogotá: Monómeros Colombo Venezolano. 262 p.
- Howeler, R. H.(1983). Análisis de tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales de algunos cultivos tropicales. Palmira: CIAT. 28 p.
- Lara, A. (1999). Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra* 17 (3): p 30.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. New York: Academic Press. 889 p.
- Medina, A.; Cooman, A.; Escobar, H. (2001). Producción de tomate bajo invernadero. Fundación Universidad de Bogotá, Jorge Tadeo Lozano. 136 p.
- Rodríguez del Rincón, A. (1995). Manejo del cultivo extensivo para industria. En: Nuez, F. (ed). El cultivo del tomate. Madrid: Mundi-Prensa. p 260 - 265.
- Salisbury, F.; Ross, C.W. (1994). Fisiología vegetal. Madrid: Ibero América. p 759.
- Serrano, Z. (1982). Tomate, pimiento y berenjena en invernadero. 2 ed. Madrid: Mundi Prensa. 257 p.
- Takahashi, H. (1993). Nutrição e adubação de tomate estaqueado. In: Ferreira, M.E.; Castellane, P.D.; Cruz, M.C. (eds). Nutrição e adubação de tomate estaqueado. POTAFOS (Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato). Brasil. p 301-322.
- Vallejo, F.A. (1999). Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. 216 p.
- Varela, J. C.; Velásquez, J. C.; Mejía de Tafur, M. S. (2002). Respuesta fisiológica del lulo *Solanum quitoense*. Lam. a diferentes concentraciones de N, P, K, Ca y Mg en la solución nutritiva. *Acta Agron* (Palmira): 51 (1/2): 53 - 59.