



REVISTA CHAPINGO SERIE
HORTICULTURA
ISSN: 1027-152X
revistahorticultura29@gmail.com
Universidad Autónoma Chapingo
México

Arellano-Gil, M.; Gutiérrez-Coronado, M. A.
Rendimiento y calidad poscosecha de tomate bajo diferentes esquemas de fertilización al suelo
REVISTA CHAPINGO SERIE HORTICULTURA, vol. 12, núm. 1, enero-junio, 2006, pp. 113-118
Universidad Autónoma Chapingo
Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60912115>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

RENDIMIENTO Y CALIDAD POSCOSECHA DE TOMATE BAJO DIFERENTES ESQUEMAS DE FERTILIZACIÓN AL SUELO

M. Arellano-Gil¹; M. A. Gutiérrez-Coronado

Departamento de Biotecnología y Ciencias Alimentarias. Instituto Tecnológico de Sonora.
5 de Febrero Núm. 818 Sur. Cd. Obregón, Sonora, C. P. 85000. MÉXICO.
Correo-e: totono@itsون.mx (¹Autor responsable).

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el Valle del Yaqui, Sonora, México, para conocer el efecto en rendimiento y vida poscosecha de la interacción nutrimental de nueve diferentes esquemas de nutrición de N, P, K, Ca y Mg aplicados al suelo del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.), bajo condiciones de riego por gravedad en campo. El tomate es la segunda hortaliza más importante a nivel mundial, en México genera gran número de empleos y representa una considerable aportación de divisas por la exportación de sus frutos; su fertilización actualmente se basa en experiencias extrapoladas de regiones similares, lo cual ha sido útil para obtener rendimientos aceptables, pero no los esperados, por lo cual, se estudiaron nueve esquemas de fertilización aplicados al suelo con las combinaciones, en kg·ha⁻¹, de N-P-K-Ca-Mg: 50-50-50-25-25, 100-50-100-00-00, 150-100-100-25-25, 200-120-120-00-00, 250-150-200-00-00, 300-150-300-25-25, 350-200-300-00-00, 400-200-400-00-00, 450-250-300-25-25; la combinación 200-120-120-00-00, se designó como el testigo regional. Se informan los resultados sobre rendimiento y los frutos fueron almacenados a 20 °C por quince días, donde se analizó cada cinco días: acidez titulable, sólidos solubles, resistencia a la penetración y pérdida de peso. Entre los resultados más sobresalientes, los tratamientos 200-120-120-00-00 y 300-150-300-25-25 presentaron diferencias estadísticamente significativas en el número y peso de frutos con calidad dentro de normas.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Lycopersicum esculentum* Mill., interacción, nutrición, fertilización, dosis.

TOMATE YIELD AND POSTHARVEST QUALITY UNDER DIFFERENT SCHEMES OF SOIL FERTILIZATION

SUMMARY

This research was undertaken in the Valle del Yaqui, Sonora, Mexico, to learn about the effect on yield and postharvest life of nine different nutrition schemes using N, P, K, Ca and Mg applied to the soil of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill.) crops under the condition of gravity irrigation. Tomatoes are the second most important vegetable worldwide. In Mexico it generates many jobs and represents a large amount of money from its export; its fertilization is presently based on experiences extrapolated from similar regions, which has been useful in obtaining acceptable yields, though not those hoped for. Therefore, nine fertilizer schemes using combinations of N-P-K-Ca-Mg: 50-50-50-25-25, 100-50-100-00-00, 150-100-100-25-25, 200-120-120-00-00, 250-150-200-00-00, 300-150-300-25-25, 350-200-300-00-00, 400-200-400-00-00, 450-250-300-25-25; were applied to the soil in kg·ha⁻¹. The combination 200-120-120-00-00 was designated to be the regional control. The informed result about yield and fruit stored at 20°C for fifteen days that was analyzed every five days was: titulable acidity, soluble solids, a resistance to penetration and weight loss. The most outstanding results were: the treatments 200-120-120-00-00 and 300-150-300-25-25 had statistically significant differences with regards to the number and weight of fruit with quality within the norms.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Lycopersicum esculentum* Mill., interaction, nutrition, fertilization, dosage

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el tomate ocupa el segundo lugar entre las hortalizas; y aunque México ocupa el décimo lugar en producción, le corresponde el tercero en comercialización del fruto; nacionalmente es la hortaliza más importante tanto por la generación de empleos como por la aportación de

divisas derivadas de las exportaciones. La rentabilidad del cultivo está en función, entre otros factores, de la vida poscosecha pues de ella depende el éxito del proceso de comercialización, que es generalmente largo y el consumidor es exigente, lo cual obliga a producir frutos, con excelente calidad; una de las principales limitantes para

lograr eso, es el abastecimiento balanceado de nutrientes esenciales, ya que por su crecimiento rápido e intensiva producción, la planta de tomate requiere altas cantidades de nutrientes en periodos cortos (Grageda, 1999). Las interacciones positivas y negativas entre macro y micronutrientos pueden inducir alteraciones a nivel subcelular manifestados en cambios en tasas de división y expansión celular, utilización y traslocación de carbohidratos y ácidos orgánicos, fotosíntesis, respiración, etc; la influencia neta de estos cambios se traduce finalmente en el rendimiento y fisiología de los frutos cosechados (Fageria, 2001).

La práctica actual de decidir sobre la dosis de fertilización en el Valle del Yaqui, Son., se basa en conocimientos adquiridos en otras localidades, lo cual ha sido útil para obtener rendimientos aceptables, pero a veces no llegan a ser efectivos ni económicamente reditubles (Grageda, 1999; Gretchen y Barker, 2002), debido a que los planes de nutrición deben ser diseñados de acuerdo con las condiciones ambientales, características genéticas y etapas de desarrollo del cultivo, por lo cual se llevó a cabo esta investigación con la finalidad de evaluar nueve diferentes combinaciones de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, y su efecto en el rendimiento agronómico del cultivo y calidad poscosecha de los frutos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio experimental

La presente investigación se llevó a cabo en terrenos del Block 1107 del Valle del Yaqui, Sonora, localizado en las coordenadas 26° 45' y 27° 40' latitud Norte y en los meridianos 109° 25' y 110° 35' de longitud Oeste, en un suelo de barrial profundo. El clima es cálido y desértico, con temperatura media anual de 23 a 27 °C, máximas de 43 a 48 °C durante junio, julio y agosto y mínimas de 3.5 a 4 °C en diciembre y enero. La humedad relativa media anual es de 58 % (INIFAP, CIRNO, CEVY, 2001).

Transplante y análisis químico de suelo

El 17 de enero de 2003 se transplantó el cultivar Tequila de tomate con crecimiento indeterminado en surcos

con 2 m de separación y distancia entre plantas de 0.25 m, con una densidad de 20,000 plantas·ha⁻¹. Previo al establecimiento del experimento se tomaron muestras de suelo de 0 a 15 y 0 a 30 cm de profundidad para efectuar el análisis (Cuadro 1), cuyos resultados evidencian un pH ligeramente alcalino, conductividad eléctrica alta y suelo ligeramente salino, pobre en materia orgánica, moderada cantidad de materia orgánica; muy bajo contenido de nitrógeno y alto contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio en cuanto a los macronutrientes. La textura es considerada como arcillosa en ambos casos.

Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos estudiados provienen de una matriz San Cristóbal y se detallan en el Cuadro 2, donde la dosis 4 se ubicó como el testigo recomendado para la región. Las dosis de los nutrientes fueron diversas combinaciones de N, P, K y 25 kg·ha⁻¹ de Ca y Mg. Los nutrientes se distribuyeron en tres etapas: pretransplante (1/3 de N y 1/2 de P), primeras flores (1/3 de N, 1/2 de P, K, Ca y Mg) y cuajado de frutos (1/3 de N, 1/2 de K, Ca y Mg). Los fertilizantes usados fueron: urea, fosfato monoamónico, sulfato de potasio, nitrito de calcio y sulfato de magnesio. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones; cada unidad experimental constó de cuatro surcos de 10 m de largo; se utilizó un total de 1,440 m².

CUADRO 2. Descripción de los tratamientos de fertilización

Trat (Núm.)	Nutriente				
	N	P	K	Ca	Mg
	(kg·ha ⁻¹)				
1	50	50	50	25	25
2	100	50	100	00	00
3	150	100	100	25	25
4	200	120	120	00	00
5	250	150	200	00	00
6	300	150	300	25	25
7	350	200	300	00	00
8	400	200	400	00	00
9	450	250	300	25	25

CUADRO 1. Análisis de suelo del Block 1107, Valle del Yaqui, Sonora, México. Enero, 2002.

Muestra (cm)	pH	C. E. ^z (mS·cm ⁻¹)	M. O. ^y (%)	N	P	K	Ca	Mg	Na	Textura (%)		
							(kg·ha ⁻¹)			Arena	Limo	Arcilla
0 - 15	7.76	2.1	1.11	51	72	3,168	27,000	4,320	3,600	12.4	27.4	60.2
0 - 30	7.74	2.0	1.17	39	75	3,096	27,360	4,320	3,240	10.5	29.9	59.6

^zConductividad hidráulica

^yMateria orgánica

Medición de parámetros para evaluar los tratamientos

Componentes de rendimiento

La cosecha de fruto inició a los 83 días después del transplante, se llevaron a cabo once cortes, en dos meses. Se tomaron los frutos en estado "pintón" (hasta 10 % de coloración rosada) de las plantas presentes en 4 m² del centro de la unidad experimental; los frutos se clasificaron de acuerdo con los estándares para longitud (cm), usados por los agricultores de la región: de 5 a 6 Chico, 6 a 7 Mediano, 7 a 8 Grande y 8 a 9 Extragrande, todos con apariencia normal, los frutos menores de 5 cm o con defectos, malformaciones o daños, fueron considerados rezaga. Se registró el peso (g) por separado para cada una de las clasificaciones en una balanza semianalítica. Para calcular peso seco se extrajeron cuatro plantas de cada unidad experimental, se utilizó el método gravimétrico secando las hojas y los tallos a 60 °C por 48 h (Heuvelink, 1996; De Groot *et al.*, 2003).

Vida poscosecha

Se hicieron análisis de: acidez titulable, grados brix, resistencia a la penetración y pérdida de peso al momento del corte, a los 5, 10 y 15 días después del mismo. La acidez se midió en porcentaje de ácido cítrico por titulación con Hidróxido de Sodio, sólidos solubles en grados brix con refractómetro RHB-32, resistencia en kgf (kilogramos fuerza) con penetrómetro Fruti Pressure Tester FT-327 y pérdida de peso (g) con balanza electrónica semianalítica OHAUS (Watada, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componentes de rendimiento

En el número total de frutos, es decir la suma de los once cortes, hubo diferencias significativas (Figura 1a); sobresalieron los tratamientos 4 y 6 que representan las dosis intermedias de los nutrientes evaluados, lo cual establece un límite máximo de 300 kg·ha⁻¹ para la fertilización nitrogenada; sin embargo, Colla *et al.* (2001) no encontraron diferencias en rendimiento, en dosis de 80 a 160 kg·ha⁻¹, en tomate cultivado en suelo arenoso. Con respecto a las dosis de potasio aplicadas se observó que los tratamientos 1, 5 y 9 con 50, 200 y 300 kg·ha⁻¹ se comportaron de manera similar, lo cual indica que no se alteró en el número de frutos por planta relacionados con las dosis altas o bajas, por lo tanto se recomienda hacer un manejo racional de este mineral para evitar posibles desbalances nutrimetales y adversos efectos ambientales (Ho y Adams, 1995; Mulholland *et al.*, 2001; Bugarín *et al.*, 2002).

Al analizar el peso total de fruto, se obtuvieron diferencias significativas (Figura 1b), y destacaron los

tratamientos 6 y 4, al igual que en número de frutos, lo cual revela que se cuantificaron muchos frutos de buen peso; resultados similares en rendimiento de tomate informaron Villarreal *et al.* (2002), con las dosis de 250 a 450 kg·ha⁻¹ de nitrógeno; lo mismo ocurre en el caso de potasio ya que no es requerido un alto abastecimiento de este nutriente para lograr altos rendimientos (Ho y Adams, 1995), aun cuando se han presentado evidencias del efecto benéfico del potasio en el rendimiento (Valencia, 2003). Se presentó alrededor del 30 % de frutos de rezaga, debido a que uno de los principales problemas fue pudrición apical, porque las plantas fueron expuestas a temperaturas más altas de las máximas (35 °C) durante floración y llenado del fruto, esto promueve que el polen muera, se bloquea la fotosíntesis y por ende el crecimiento general de la planta, el proceso de maduración se interrumpe y puede promover determinismo, y más específicamente disminuye el transporte de calcio, de tal manera que el problema de pudrición apical se observó por igual en los tratamientos con y sin calcio (Ho *et al.*, 1999).

Los resultados para peso seco foliar fueron estadísticamente significativos, y los mejores tratamientos fueron el 1, 5 y 9 (Figura 1c) que representan a las dosis más bajas, la intermedia y la más grande alta del N, P y K; esto evidencia que, con el incremento en la carga de los frutos, el crecimiento de los ápices vegetativos, raíces, y consecuentemente el peso seco foliar, es grandemente reducido (Marschner, 2003), lo cual explica, que aunque se están presentando desarrollos vegetativos similares, la eficiencia de la planta para exportar los fotosintatos a los frutos, conocido como índice de traslocación, no es la misma en los diferentes tratamientos, por lo que la disponibilidad de asimilados, no tiene efecto sobre la cantidad a distribuir en cada estructura, sino que la producción está condicionada por el número de frutos (Ho, 1996; Ho, 1999; De Groot *et al.*, 2001); esta dinámica difiere con la mencionada por Enriquez-Reyes *et al.* (2003), quienes afirman que el crecimiento de los frutos ocurre a costa del crecimiento del tallo y las hojas en casi la misma proporción. Las plantas fueron muestreadas al final del ciclo, cuando la acumulación de materia seca en las hojas disminuye de 60 o 70 % comparada con la etapa de crecimiento inicial, esto ocurre al concentrarse los fotoasimilados en los frutos cosechados en lugar de las hojas en las etapas finales del cultivo (Scholberg *et al.*, 2000).

Calidad de fruto

No hubo diferencias estadísticamente significativas en la acidez determinada al momento del corte, ni en los 15 días posteriores a la cosecha (Figura 2b), ya que los tratamientos evaluados presentaron valores que promediaron entre 0.7 y 0.3 % de ácido cítrico; los porcentajes de acidez más altos se observaron el día de la cosecha y una drástica disminución desde el día 5 hasta el 15, esto debido a la disminución en la cantidad de ácidos orgánicos, como parte

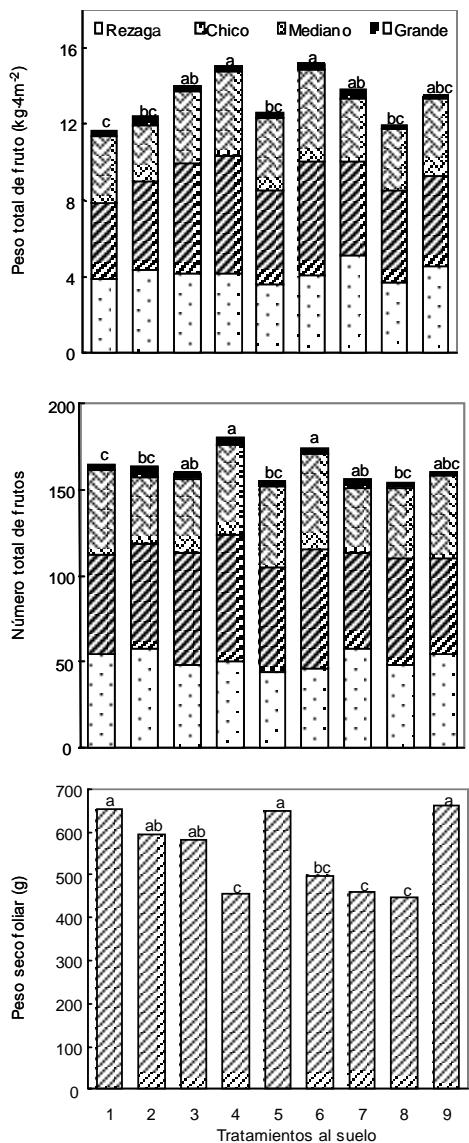


FIGURA 1. Comportamiento de los componentes de rendimiento en frutos de tomate en respuesta a la nutrición en suelo con N, P y K. a) Peso de frutos total, b) Número de frutos total, c) Peso seco foliar. Cada barra representa el promedio de cuatro repeticiones. Valores con la misma letra dentro de cada serie son iguales de acuerdo a la prueba DMS a una $P < 0.05$.

de los cambios de la actividad enzimática del proceso normal de maduración de tomate que lo convierten en un producto atractivo por su apariencia externa, aroma y sabor (Ho y Adams, 1995; Hartz *et al.*, 1999; Ho, 1999). Con relación al potasio, se observó una ligera tendencia entre la cantidad de fertilizante aplicado y el porcentaje de ácido cítrico en los tratamientos 8 y 9; el potasio es requerido para lograr una alta acidez (Ho y Adams, 1995), debido a que la acumulación de ácido cítrico, al igual que otros ácidos orgánicos se debe al mecanismo de balance de carga catión-anión que tiene lugar cuando el potasio es transportado sin un anión

acompañante hacia el interior del citoplasma (Marschner, 2003); los tratamientos de fertilización nitrogenada y potásica evaluados en tomate a nivel de campo por Villarreal *et al.* (2002), en Culiacán, Sinaloa, y bajo condiciones de invernadero por Bugarín *et al.* (2002), no presentaron diferencias estadísticas en los valores de acidez determinados por titulación, aunque éstos últimos encontraron una tendencia a la alza en la acidez en un pequeño intervalo de incremento en las concentraciones de potasio al igual que en los resultados que aquí se presentan.

En cuanto a sólidos solubles, todos los tratamientos promediaron de 5 a 6 °Brix (Figura 2c), y fueron estadísticamente diferentes solo los valores medidos el día de cosecha, destacando discretamente los tratamientos 1, 5 y 9; no se identificó una disposición a la alta o a la baja conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento. Villarreal *et al.* (2002), al analizar tratamientos de fertilización de tomate en campo, encontraron una disminución hacia el día 15 después de la cosecha y un aumento para el día 22, esto bajo condiciones que simulaban almacenamiento a 20 °C. La concentración de azúcar es determinada por el transporte de fotoasimilados a los frutos y puede ser manipulada al alterar las relaciones de agua en la planta a través del riego, además de la temperatura y la cantidad de luz; sin embargo, esta última no tiene limitaciones en la región del Valle del Yaqui, Sonora; se ha relacionado directamente al potasio con la calidad y más específicamente con la migración de los glucidos hacia los frutos y su condensación al estado de azúcares (Ho, 1999; Marschner, 2003). En un estudio llevado a cabo en tomate saladette de crecimiento determinado en cinco localidades del centro de California, no se encontraron diferencias significativas entre las aplicaciones de hasta 370 kg·ha⁻¹ de potasio, ya que los frutos promediaron 4 °Brix (Hartz *et al.*, 1999); sin embargo, Valencia (2003) observó incremento en los sólidos solubles al combinar potasio con fertilizantes nitrogenados de lenta liberación, en suelos pobres con bajos niveles nutrimetales. Las pequeñas variaciones en los sólidos solubles observadas pueden estar relacionadas, además de la disponibilidad de potasio y magnesio, con las características del cultivar, los fertilizantes o el manejo del riego ya que es conocido que el potasio regula el potencial osmótico del fruto y la apertura de estomas, lo cual influye en el intercambio de gases y la respiración; cuando se encuentran altas concentraciones de potasio en frutos puede deberse a un déficit de agua y no al incremento de la importación de potasio al fruto en si (Ho *et al.*, 1987; Bugarín *et al.*, 2002; Aydin y Yoltas, 2003).

La resistencia a la penetración (Figura 2a), arrojó diferencias estadísticas en el día 1 y 10; los frutos de los tratamientos evaluados mostraron una firmeza promedio desde 6 hasta menos de 3 kgf, la cual se considera aceptable como parte de la maduración normal del fruto, ya que la cosecha se llevó a cabo cuando los frutos presentaban el estado de madurez grado 3 o "pintón" y al finalizar los 15 días almacenados a 20 °C, estaban completamente maduros; con los frutos más firmes a travé

del tiempo sobresalen los tratamientos 1 y 3. Está firmemente documentado que el calcio mejora este parámetro al proporcionar mayor rigidez a la pared celular, además de proteger contra el estrés hídrico y retardar la maduración del fruto (Marschner, 2003; Hirschi, 2004); sin embargo, aun cuando los tratamientos 1, 3, 6 y 9 contienen calcio en la misma cantidad, el 6 y 9 resultaron con frutos poco firmes, esto como resultado de la interacción negativa con las altas cantidades (300 kg-ha^{-1}), de potasio y un exceso del fertilizante nitrogenado (300 y 450 kg-ha^{-1}), lo cual genera un desbalance en la toma de calcio (Ho *et al.*, 1999; Fageria, 2001) y como consecuencia se reduce la firmeza de los frutos, se promueve la succulencia, y finalmente aparecen los síntomas de pudrición apical; sin embargo éste problema puede ocurrir aun cuando la planta tiene suficiente abastecimiento de calcio pero es sometida a estrés, de tal manera que se desestabilizan las pectinas y no se pueden combinar con el calcio presente para formar pectato de calcio y en su lugar se forma oxalato el cual es un cristal no útil para dar rigidez a los tejidos. Villarreal *et al.* (2002), Lozano *et al.* (1995) y Brañas *et al.* (2001) no hallaron respuesta en la firmeza de los frutos de tomate, al variar grandemente las cantidades de calcio aplicadas.

En cuanto a la pérdida de peso del fruto (Figura 2d), los tratamientos de fertilización disminuyeron hasta 12 % de

su peso inicial en 15 días y hubo diferencia estadística entre los tratamientos, aun cuando se utilizó un cultivar con larga vida de anaquel (Tequila); el tratamiento 8 (12 %) fue el que perdió más peso, en contraste con el 7 (2.8 %) y el 4 (2.6 %), sin embargo, no se puede observar una tendencia con respecto a la cantidad de nitrógeno y potasio, de tal forma que no se tuvo un efecto marcado de la nutrición en este parámetro de calidad, aunque hubo tratamientos a los que se aplicó hasta 450 kg-ha^{-1} de nitrógeno, lo cual podría generar frutos muy succulentos con más probabilidades de perder el peso de esa agua durante el período de poscosecha (Tatabei *et al.*, 2003). Villarreal *et al.* (2002), no pudieron establecer una relación clara entre la dosificación de nitrógeno y potasio con el comportamiento del peso de los frutos en poscosecha, aun cuando está comprobado que el potasio tiene un efecto hidratante en la célula lo que disminuiría la pérdida de agua en poscosecha (Marschner, 2003). Con respecto al calcio, no se reveló un efecto drástico ya que los tratamientos 1, 3, 6 y 9, perdieron una porcentaje de agua intermedio o bajo.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones climáticas y edáficas del Valle del Yaqui, Sonora, las dosis de 200 y 300 kg-ha^{-1} de nitrógeno se comportaron de manera similar en

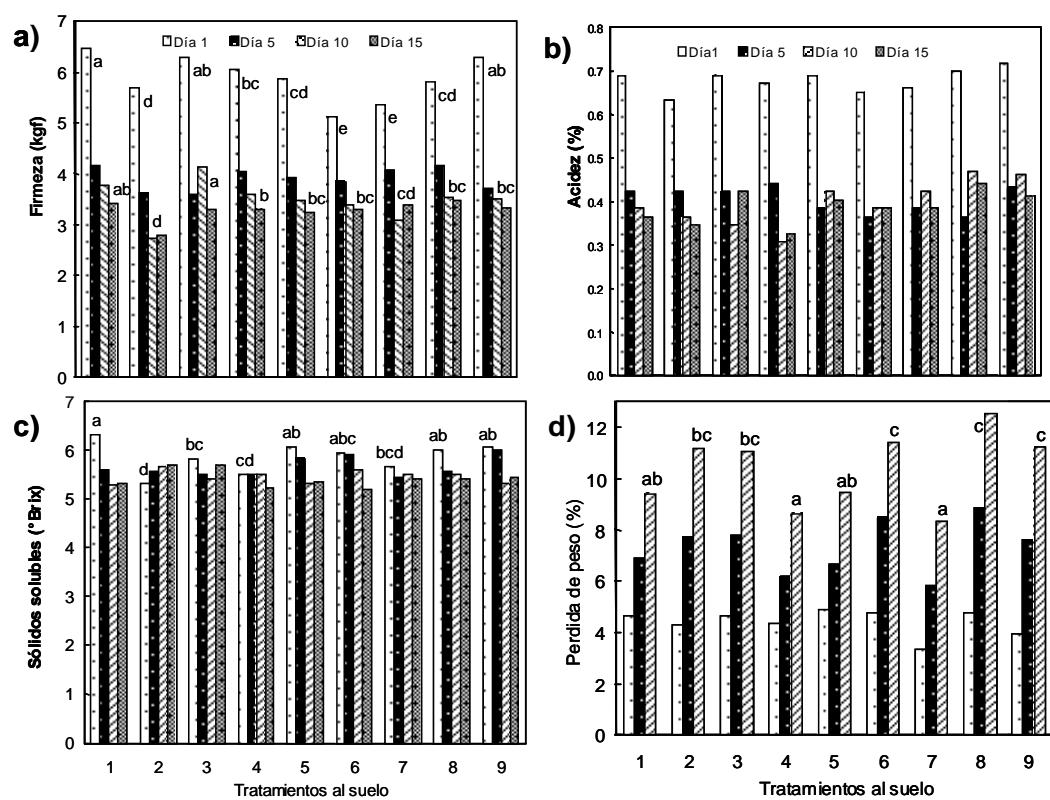


FIGURA 2. Comportamiento de las características de la vida poscosecha de frutos de tomate en respuesta a la nutrición en suelo con N, P y K. a) Resistencia a la penetración, b) Acidez, c) Sólidos solubles, d) Perdida de peso. Cada barra representa el promedio de cuatro repeticiones. Valores con la misma letra dentro de cada serie son iguales de acuerdo a la prueba DMS a una $P < 0.05$.

rendimiento, y con 150 kg·ha⁻¹ de fósforo, 150 kg·ha⁻¹ de potasio y 25 kg·ha⁻¹ para calcio y magnesio se obtuvieron los mejores resultados deseados en cuanto a rendimiento sin afectar significativamente la firmeza, pérdida de peso y sabor de los frutos, de tal manera que se recomiendan para utilizarlas comercialmente; comparadas con las dosis que actualmente se utilizan, representan un ahorro considerable en la economía, además de colaborar en la reducción de la contaminación del suelo y mantos acuíferos, sin menoscabo de la productividad del cultivo de tomate.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue parte del Proyecto CONACYT 38798.

LITERATURA CITADA

- AYDIN, M.; YOLTAS, T. 2003. The effects of some soil properties on soluble solids ('brix) of processing tomato. *Acta Hort.* 613: 185-188.
- BUGARÍN M., R.; GALVIS, A.; SÁNCHEZ, P.; GARCÍA, D. 2002. Demanda de potasio del tomate tipo saladette. *Terra* 20(4): 391-399.
- BRAÑAS, J.; IBAÑEZ, M. A.; LORENZO, P.; GALLARDO, M.; ROMOJARO, F. 2001. Nutritional aspects affecting tomato quality in soilless culture. *Acta Hort.* 559: 509-514.
- COLLA, G.; BATTISTELLI, A.; MOSCATELLO, S.; PROIETTI, S.; CASA, B.; LOCASCIO; LEONI, C. 2001. Effects of reduced irrigation and nitrogen fertigation rate on yield, carbohydrate accumulation, and quality of processing tomatoes. *Acta Hort.* 542: 187-196.
- DE GROOT, C. C.; MARCELIS, L. F. M.; VAN DEN BOOGAARD, R.; LAMBERS, H. 2001. Growth and dry-mass partitioning in tomato as affected by phosphorus nutrition and light. *Plant, Cell and Environment* 24: 1309-1317.
- DE GROOT, C. C.; MARCELIS, L. F. M.; VAN DEN BOOGAARD, R.; KAISER, W. M.; LAMBERS, H. 2003. Interaction of nitrogen and phosphorus nutrition in determining growth. *Plant and Soil* 248: 257-268.
- ENRIQUEZ R., S. A.; ALCÁNTAR, G.; CASTELLANOS, J. Z.; ARJONA, E.; GONZÁLEZ, D.; LAZCANO, I. 2003. Nutrición mineral acoplada al crecimiento (NUMAC): nutrición con N para tomate en invernadero. 1. Descripción del modelo y obtención de parámetros. *Terra* 21(2): 167-175.
- FAGERIA, V. D. 2001. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition* 24(8): 1269-1290.
- GRAGEDA, G. J. 1999. La Fertilización en Hortalizas. Folleto Técnico No. 19. INIFAP-CIRNO-CECH. Hermosillo, México. 62 p.
- GRETCHEN, M. B.; BARKER, A. V. 2002. Determination of optimal fertilizer concentration range for tomatoes grown in peat-based medium. *Journal of Soil Science Plant Analysis* 33(5&6): 759-777.
- HARTZ, T. K.; MIYAO, G.; MULLEN, R. J.; CAHN, M. D.; VALENCIA, J.; BRITtan, K. L. 1999. Potassium requirements for maximum yield and quality of processing tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124(2): 199-204.
- HEUVELINK, E. 1996. Dry matter partitioning in tomato: Validation of a dynamic simulation model. *Ann. Bot. (London)* 77: 71-80.
- HIRSCHI, K. D. 2004. Update on calcium nutrition. The Calcium conundrum. Both versatile nutrient and specific signal. *Plant Physiology* 136: 2438-2442.
- HO, L. C.; GRANGE, R. I.; PICKEN, A. J. 1987. An analysis of the accumulation of water and dry matter in tomato fruit. *Plant, Cell and Environment* 10: 157-162.
- HO, L. C.; ADAMS, P. 1995. Nutrient uptake and distribution in relation to crop quality. *Acta Hort.* 396: 33-43
- HO, L. C. 1996. The mechanism of assimilate partitioning and carbohydrate compartmentation in fruit in relation to the quality and yield of tomato. *J. Exp. Bot.* 47: 1239-1243.
- HO, L. C.; HAND, D. J.; FUSSELL, M. 1999. Improvement of tomato fruit quality by calcium nutrition. *Acta Hort.* 481: 463-468.
- HO, L. C. 1999. The physiological basis for improving tomato fruit quality. *Acta Hort.* 487: 33-40.
- LOZANO, R. E.; CARPENA, R. O.; GÁRATE, A. 1995. Calcium effect on K, and Mg concentrations in xilem sap of tomato cvs. marlglobe and caramel. *Acta Hort.* 412: 416-424.
- MARSCHNER, H. 2003. Mineral Nutrition of Higher Plants. 6th ed. Academic Press. Boston, USA. 889 p.
- MULLHOLLAND, B. J.; FUSSELL, M; EDMONDSON, R. N.; BASHAM, J.; MCKEE, J. M. T. 2001. Effect of vpd, K nutrition and root-zone temperature on leaf area development, accumulation of Ca and K yield on tomato. *J. of Horticultural Science & Biotechnology* 76(5): 641-647.
- SARH, INIFAP, CIRNO. 1992. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola. Área de influencia de los campos experimentales del Sur de Sonora. CEVY. Cd. Obregón, México. 282 p.
- SCHOLBERG, J.; MCNEAL, B. L.; JONES, J. W.; BOOTE, K. J.; STANLEY, C. D.; OBREZA, T. A. 2000. Growth and characteristics of field-grown tomato. *Agron. J.* 92: 152-159.
- TATABEI, S. J.; GREGORY, P. J.; HADLEY, P. 2003. Distribution of nutrients in the root zone affects quality and blossom and rot of tomato fruits. *J. Horticultural Science & Biotechnology* 79(1): 158-163.
- VALENCIA, J. 2003. Effect of fertilizers on fruit quality of processing tomatoes. *Acta Hort.* 613: 89-93.
- VILLARREAL, R. M.; GARCÍA, R. S.; OSUNA, T.; ARMENTA, A. D. 2002. Efecto de dosis y fuente de nitrógeno en rendimiento y calidad poscosecha de tomate en fertirriego. *Terra* 20(3): 311-320.
- WATADA, A. E. 1995. Methods for determining quality of fruits and vegetables. *Acta Hort.* 379: 559-567.