

Nutrición, producción y calidad de frutos de tomate para procesamiento en función de la fertilización con fósforo y potasio

Coutinho Edson LM¹, Orioli Júnior Valdeci¹, Silva Erberto J da¹, Coutinho Neto André M¹, Cardoso Saulo S¹

¹Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista UNESP, Departamento de Solos e Adubos. Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil
Correio eletrônico: oriolijr@hotmail.com

Recibido: 5/12/13 Aceptado: 25/7/14

Resumen

El rendimiento industrial de frutos de tomate (*Solanum lycopersicon*) depende de factores cualitativos y cuantitativos que pueden ser influenciados por la disponibilidad de fósforo (P) y potasio (K) para las plantas. El experimento fue conducido en la región de Janaúba, Minas Gerais, Brasil, en un Oxisol con textura arcillosa, con el objetivo de evaluar los efectos de la fertilización con P y K sobre el estado nutricional de la planta, la producción y algunas variables cualitativas de los frutos de tomate (cv. IPA-5). El diseño experimental fue en bloques al azar, en un arreglo factorial de cuatro por cuatro (cuatro dosis de fósforo y cuatro dosis de potasio), con cuatro repeticiones. Se utilizaron los siguientes niveles de P: 0, 150, 300 y 600 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato triple); los niveles de potasio (2/3 de la dosis en la siembra y 1/3 de la dosis en cobertura) fueron: 0, 50, 100 y 200 kg ha⁻¹ de K₂O (cloruro de potasio). La fertilización fosfatada aumentó el contenido de P foliar y la producción de frutos. Por otra parte, ni el pH ni el contenido de sólidos solubles de los frutos fueron afectados por la fertilización fosfatada. La máxima producción de frutos comerciales fue obtenida con la aplicación (estimada) de 293 kg ha⁻¹ de P₂O₅. El nivel crítico de P en las hojas fue 3,1 g kg⁻¹. La fertilización potásica no influyó en las características analizadas.

Palabras clave: *Solanum lycopersicon*, fertilización fosfatada y potásica, acidez del fruto, sólidos solubles, niveles foliares

Summary

Nutrition, Yield and Quality of Tomato Fruits for Processing, Affected by Phosphorus and Potassium Fertilization

The industrial yield of tomato fruit (*Solanum lycopersicum*) depends on quantitative and qualitative factors, which may be influenced by phosphorus (P) and potassium (K) availability to plants. This experiment was carried out at the municipality of Janaúba, Minas Gerais, Brazil, in an Oxisol with clayey texture, in order to evaluate the effects of phosphorus and potassium fertilization on the nutritional status of the plant, yield and some qualitative variables of tomato fruits (cv. IPA-5). The experimental design was a complete randomized block, in a four by four factorial arrangement (four rates of phosphorus and four rates of potassium) with four replications. The following rates of P were used: 0, 150, 300 and 600 kg ha⁻¹ of P₂O₅ (triple superphosphate); the potassium rates (2/3 at planting and 1/3 at the sidedressing) used were: 0, 50, 100 and 200 kg ha⁻¹ of K₂O (potassium chloride). Phosphate fertilization increased P leaf contents and fruit production. Maximum marketable yield was produced with the (estimated) application of 293 kg ha⁻¹ of P₂O₅. The critical level of P in the leaves was 3.1 g kg⁻¹. Potassium fertilization did not affect any of the traits analyzed.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, phosphorus and potassium fertilization, fruit acidity, soluble solids, foliar level

Introducción

Los suelos de regiones tropicales, en su mayoría, son altamente intemperizados y acidificados, con alta capacidad de adsorción de P, siendo este por lo tanto uno de los nutrientes más limitantes en la producción de diversos cultivos en Brasil. En esos suelos, la oferta de K también puede tornarse en un factor influyente en la producción de los cultivos, frente a la deficiencia natural de este nutriente, debido a la predominancia de minerales de arcilla 1:1, principalmente caolinita, óxidos e hidróxidos de Fe y Al y pequeñas cantidades de minerales potásicos (Novais *et al.*, 2007).

El tomate (*Solanum lycopersicon*) es la principal hortaliza cultivada en la región central del Brasil. Muchas veces, es cultivado en suelos con las características mencionadas anteriormente y con la consecuente pérdida en la producción debido a la deficiencia nutricional y al desconocimiento de la respuesta de ese cultivo a la aplicación de fertilizantes. Los productores de tomate tienden a fertilizar con altas dosis de P y K, lo que no siempre se traduce en mejor producción y como consecuencia se pueden incrementar los costos de producción (Hartz *et al.*, 1999).

Algunos investigadores reportaron efectos positivos de la fertilización fosfatada sobre la productividad comercial o total del tomate (Arshad y Rashid, 1999; Carrijo y Hochmuth, 2000; Adebooye *et al.*, 2006; Zhang *et al.*, 2007; Liu *et al.*, 2011; Malcolm, 1959). Sin embargo, para el caso del K los resultados han sido contrastantes y en su mayoría se han encontrado pequeños efectos de ese nutriente sobre la producción de tomate (Balliu y Ibro, 2002; Gent, 2004a, 2004b; Hartz *et al.*, 1999; Huett, 1993; Melton y Dufault, 1991). La información de campo en relación a la magnitud de la respuesta del cultivo de tomate rastrero a la fertilización con P y K es aún limitada. Por consiguiente, el disponer de esa información sería de gran utilidad para las recomendaciones de fertilizantes en condiciones tropicales.

Además del rendimiento, la industria de procesamiento tiene en cuenta aspectos de calidad industrial. Entre ellos se destacan el pH y el contenido en sólidos solubles del fruto, dado que pueden ser influenciados por la fertilización con P y K en función de la participación de esos nutrientes en la síntesis, el transporte y el metabolismo de los azúcares de la planta.

El contenido de sólidos solubles en el fruto es una de las principales características de la materia prima. Cuanto mayor sea el contenido en sólidos solubles, mayor será el rendimiento industrial y menor será el gasto de energía en el proceso de concentración de la pulpa (Quinn y Crowther, 1976).

La acidez puede influenciar el sabor e interferir en el período de calentamiento necesario para la esterilización de los productos (Anthon *et al.*, 2011). Frecuentemente, los estudios agronómicos posicionan en un segundo plano el efecto de la fertilización sobre la calidad, a pesar de conocerse bien la participación de algunos nutrientes en procesos metabólicos que pueden afectar la calidad.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos de la fertilización fosfatada y potásica sobre el rendimiento de frutos de tomate destinados al procesamiento y sus posibles interferencias sobre la acidez y los sólidos solubles, variables importantes para el rendimiento industrial.

Materiales y métodos

El experimento fue conducido en la región de Janaúba, Minas Gerais, Brasil. El suelo fue un Oxisol con textura arcillosa con un contenido de 35 % de arcilla, 49 % de arena, 15,2 % de SiO_2 , 6,5% de Al_2O_3 y 6,4 % de FeO_3 . Los principales atributos químicos de ese suelo en la capa de 0-20 cm fueron: pH (CaCl_2) 5,5; M.O. = 21 g dm^{-3} ; P (resina) = 23 mg dm^{-3} ; K = $4,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Ca = $42 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; Mg = $9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; H+Al = $18 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; CTC = $73,7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; saturación por bases (V) = 76 %.

Las parcelas fueron distribuidas en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, en un arreglo factorial de 4×4 , cuatro dosis de P (0, 150, 300 y 600 kg ha^{-1} de P_2O_5) y cuatro dosis de K (0, 50, 100 y 200 kg ha^{-1} de K_2O). Las fuentes de P y K utilizadas fueron superfosfato triple y cloruro de potasio, respectivamente. El P fue aplicado en la línea de siembra, en tanto que 2/3 de la dosis de K fue aplicada en la siembra y el otro tercio de la dosis de K fue aplicada 15 días después de la emergencia de las plantas.

La unidad experimental consistió en dos hileras dobles de 5 m de largo. El espaciamiento entre hileras dobles fue 1,2 m y 0,6 m entre las líneas de cada hilera doble. El espaciamiento entre plantas fue de 0,4 m. Las unidades experimentales fueron separadas por lomos de 1 m. El cultivar IPA-5 fue utilizado.

Todos los tratamientos fueron fertilizados con 30 kg ha^{-1} de N (sulfato de amonio) y $2,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de B (ácido bórico) a la siembra y dos aplicaciones en cobertura con 35 kg ha^{-1} de N (sulfato de amonio). La primera aplicación fue realizada 20 días después de la emergencia de las plantas (con 10 cm de altura), la segunda aplicación se hizo 15 días después de la primera.

A partir del inicio de floración y cada siete días, la solución de cloruro de calcio (0,6 %) fue aplicada a fin de evitar o reducir la incidencia de necrosis apical («blossom-end

rot»). El riego fue realizado por aspersión de acuerdo con las necesidades del cultivo y hasta el 50 % de los frutos maduros.

La cosecha fue manual y se realizó cuando se llegó al 70 a 80 % de los frutos maduros. Los frutos fueron clasificados en sanos y enfermos para estimar la producción comercial (Producción comercial = Producción total - Frutos enfermos). En total se realizaron tres cosechas. A partir de muestras de 10 kg de frutos sanos por parcela se hicieron los análisis calidad de los frutos. El contenido de sólidos solubles se determinó con un refractómetro de mesa (Mark II, Abbe, Alemania) y el pH del jugo con un potenciómetro (Tec-1, Tecnal, Brasil). Se lavaron los frutos con agua destilada, se secaron con papel absorbente y, posteriormente, fueron macerados para extraer el jugo.

Al inicio de la floración se muestreó la cuarta hoja a partir del ápice del tallo de la planta y se colectaron 25 hojas por parcela para la determinación de los contenidos foliares de P y K (Jones y Case, 1990). El material muestreado fue lavado, secado en estufa (65 °C), molido y preparado para el análisis de macro y micronutrientes, según Jones y Case (1990).

Para cada característica se realizó el análisis de varianza por la prueba F (ANOVA). A partir de los tratamientos con diferencias estadísticas significativas se realizó el análisis de regresión.

Resultados y discusión

El contenido foliar de P aumentó significativamente con el incremento de las dosis de P en el suelo (Cuadro 1), lo que se reflejó en la producción de frutos. La máxima producción (94,88 Mg ha⁻¹) fue lograda con alrededor de 290 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Figura 1). Para tal dosis, el contenido estimado de P en las hojas colectadas en el inicio de la floración fue de 4,36 g kg⁻¹ de P (Cuadro 1). Esa relación positiva entre el agregado de P al suelo y la producción de tomate también fue observada por Arshad y Rashid (1999), Carrijo y Hochmuth (2000), Adebooye *et al.*, 2006 y Zhang *et al.* (2007).

El aumento de producción observado puede estar relacionado con el favorecimiento de los componentes de producción. El rendimiento de frutos de tomate es condicionado por el número de frutos por planta y por el peso individual de los frutos y, de acuerdo con Menary y Staden (1976), la adición de P puede aumentar el número de flores de tomate, lo que podría proporcionar un mayor número de frutos por planta, como observado por Arshad y Rashid (1999). En este estudio, aunque no fue objeto de esta evaluación, se

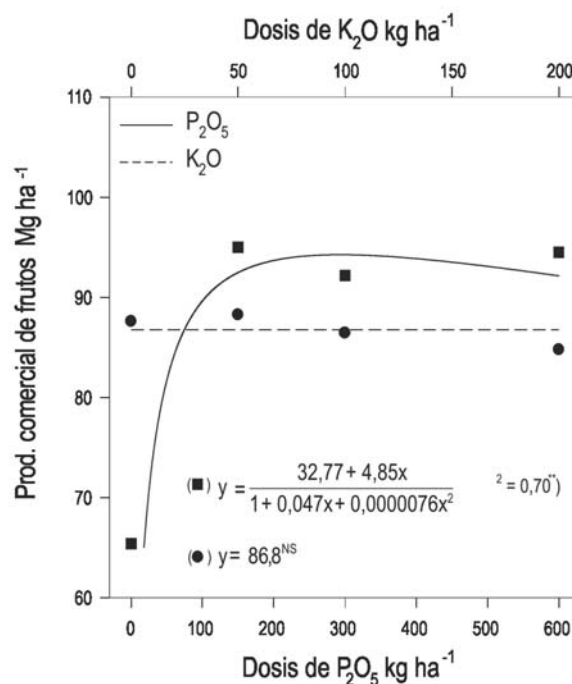


Figura 1. Producción comercial de frutos de tomate en función de la fertilización con fósforo y potasio.

observó un mayor número de flores en las plantas que recibieron fertilización fosfatada. El peso de los frutos (Arshad y Rashid, 1999), así como el desarrollo inicial (Melton y Dufault, 1991) y el crecimiento relativo del tomate (Groot *et al.*, 2004) también pueden ser influenciados por la adición de P.

Probablemente, esto también podría ser una consecuencia de un mejor desarrollo radicular promovido por la fertilización con P, que aumenta la capacidad de las plantas para absorber agua y nutrientes (Sainju *et al.*, 2003).

Si bien la remoción de P en la planta de tomate es pequeña, comparada con los cereales, aplicaciones de dosis elevadas de P son realizadas debido a la baja eficiencia de la fertilización fosfatada, atribuida a la alta capacidad de adsorción de P por los suelos. Para suelos con concentraciones de 0 a 25 mg dm⁻³ de P (resina), Fontes (2000) recomienda, para el cultivo de tomate rastrero, la aplicación de 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅. En este trabajo, en el que la concentración de P en el suelo fue 23 mg dm⁻³ (resina), con la aplicación de dosis por encima de 150 kg ha⁻¹ P₂O₅ no observaron aumentos significativos en la producción comercial (Figura 1). Resultados similares fueron reportados por otros autores, en condiciones diferentes. Según Carrijo

Cuadro 1. Contenido de macronutrientes en hojas de tomate en función de la fertilización con P y K.

Fuente de variación	N	P	K	Ca	Mg	S
P₂O₅ (kg ha⁻¹) - P						
0	35,9	1,9 [†]	40,6	68,3	13,4	17,4
150	34,8	3,2	42,0	72,1	13,1	17,3
300	35,1	4,5	40,6	72,7	12,5	18,6
600	35,9	5,3	39,2	74,0	12,6	17,6
K₂O (kg ha⁻¹) - K						
0	36,4	3,5	42,9	73,1	13,4	19,9
50	35,3	3,4	39,8	72,2	13,0	18,4
100	35,6	3,6	40,6	71,4	12,8	18,7
200	35,4	3,5	39,2	70,6	12,3	17,4
Prueba F (p = 0,05)						
P	1,23 ^{ns}	269,1**	0,46 ^{ns}	1,87 ^{ns}	2,42 ^{ns}	1,20 ^{ns}
K	1,15 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,35 ^{ns}	2,54 ^{ns}	2,01 ^{ns}
P x K	1,03 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,62 ^{ns}
C.V. (%)	9,9	10,1	14,5	8,6	9,5	13,4

** - significativo al 1% probabilidad; ^{ns} - no significativo.[†] y = 1,85 + 0,0112 x - 0,000009 x²; R² = 0,99.

y Hochmuth (2000), la producción máxima lograda fue alrededor de la mitad de la dosis de P recomendada por la Universidad de Florida (EUA) para suelos arenosos con baja concentración de P (9 mg dm⁻³ - Mehlich 1). Zhang *et al.* (2007), en Pequín (China), observaron efectos en la producción, debido a la aplicación de P, apenas en suelos con bajas concentraciones de P (< 50 mg dm⁻³ - Olsen), y discutieron que los productores realizaron aplicaciones excesivas de P. También en este contexto, Oke *et al.* (2005) observaron que la aplicación excesiva de P no alteró la

producción de tomate para procesamiento ni tampoco el peso de los frutos.

La fertilización fosfatada provocó reducciones en el contenido foliar de Zn (Cuadro 2). Esto fue atribuido al «efecto de dilución» que puede ocurrir cuando el P es adicionado en un medio con bajas concentraciones de P. En estas condiciones el P puede estimular el crecimiento de la planta al punto de diluir la concentración de Zn en sus tejidos. Cabe recordar que las concentraciones foliares de Zn encontradas, en todas las dosis de P aplicadas, fueron mayores que

Cuadro 2. Concentración de micronutrientes en hojas de tomate en función de la fertilización con fósforo y potasio.

Fuente de Variación	B	Cu	Fe	Mn	Zn
P₂O₅ (kg ha⁻¹) - P					
0	65	12	354	204	80 [†]
150	68	11	366	216	64
300	69	10	320	206	55
600	67	11	376	202	51
K₂O (kg ha⁻¹) - K					
0	71	12	331	209	66
50	73	11	321	219	62
100	74	12	321	220	61
200	72	10	354	230	60
Prueba F (p = 0,05)					
P	1,11 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,96 ^{ns}	19,2**
K	0,16 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,81 ^{ns}
P x K	1,07 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,43 ^{ns}	1,80 ^{ns}	0,80 ^{ns}
C.V. (%)	13,5	26,8	25,7	13,2	16,5

** - significativo al 1% probabilidad; ^{ns} - no significativo.[†] y = 79,8 - 0,12 x + 0,00012 x²; R² = 0,99**.

el intervalo considerado como adecuado (20-50 mg kg⁻¹ de Zn) por Fontes (2000). También, las concentraciones de Zn estuvieron entre 20-100 mg kg⁻¹ de Zn, valores reportados por Adams (1986) y Jones (1998). Cabe resaltar que no hubo disminución en la producción cuando fueron aplicadas las mayores dosis de P (Figura 1), lo que habría sucedido si el Zn se hubiera tornado limitante.

La fertilización con potasio no afectó la concentración de K y de otros nutrientes en las hojas de tomate (Cuadros 1 y 2). Lo mismo ocurrió con la producción de frutos (Figura 1). Esto probablemente ocurrió en función de la concentración inicial de K en el suelo (4,7 mmol_c dm⁻³), proveniente de las fertilizaciones que antecedieron el experimento. Hay, por lo tanto, reportes de aumento de producción de tomate con la aplicación de K aún en suelos con concentraciones relativamente altas de K. Liu *et al.* (2008), por ejemplo, en un suelo con 6,9 mmol_c dm⁻³ de K, observaron que la aplicación de 300 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionó los mayores rendimientos. Con todo esto, en condiciones de fertilidad del suelo semejantes a las de este experimento, no se observó efecto positivo de la fertilización de potasio en este cultivo, tanto que no influyó en el estado nutricional de la planta en cuanto a la producción de frutos, como fue observado por Balliu y Ibro (2002), Gent (2004a, 2004b), Hartz *et al.* (1999), Huett (1993) y Melton y Dufault (1991) en diferentes condiciones de cultivo. Gent (2004a), por ejemplo, en uno de los años del experimento, encontró que la aplicación suplementaria de K no afectó la concentración de ese nutriente en las hojas ni en la producción de frutos.

Se comprobó que no hubo influencia de la fertilización potásica en la concentración foliar de Ca y Mg en las hojas de tomate (Cuadro 1), resultado que difirió con los obtenidos por otros autores. De acuerdo con Gent (2004a), la aplicación de K puede afectar la absorción de Ca, aumentando la incidencia de podredumbre apical («blossom-end rot»).

Se observó además (Cuadros 3 y 4), que no hubo reducción en la producción ni en la calidad de los frutos con las aplicaciones de las dosis más altas de K, concordando con Huett (1993). Según este autor, por no perjudicar la producción y la calidad de frutos, dosis por encima de las óptimas de fertilizantes potásicos pudieron ser benéficas para sustentar las altas producciones y la fertilidad del suelo por mayor período, evitando riesgos con remoción excesiva de nutriente y pérdidas asociadas al cultivo. Gent (2004b) tampoco reportó efectos que influenciaran la producción de tomate en función de la aplicación suplementaria de K.

Según Adams (1986), el máximo rendimiento de tomate puede ser alcanzado con niveles moderados de K. Sin embargo, tomates cultivados con dosis apenas suficientes de K para el máximo rendimiento presentan menor calidad. A pesar de eso, y del conocimiento de los efectos del P en el metabolismo, acúmulo y migración de azúcares en la planta, y de la participación del K en la fotosíntesis y transporte de azúcares en el floema, se verificó que ni la fertilización fosfatada ni la potásica alteraron significativamente el contenido de sólidos solubles totales (Cuadro 3) ni el pH de los frutos (Cuadro 4), Hartz *et al.* (1999) también observaron que el K disponible en el suelo o el contenido foliar de K

Cuadro 3. Contenido en sólidos solubles en el jugo de fruto de tomate en función a la fertilización con fósforo y potasio.

Fuente de Variación	Sólidos solubles			Media
	1 ^a cosecha	2 ^a cosecha	3 ^a cosecha	
P₂O₅ (kg ha⁻¹) – P				
0	4,10	4,49	4,71	4,43
150	3,98	4,48	4,64	4,37
300	3,95	4,45	4,83	4,41
600	3,98	4,43	4,83	4,42
K₂O (kg ha⁻¹) – K				
0	4,01	4,48	4,78	4,42
50	4,03	4,42	4,81	4,42
100	4,00	4,43	4,91	4,44
200	3,98	4,53	4,49	4,34
Prueba F (p = 0,05)				
P	1,03 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,31 ^{ns}
K	0,21 ^{ns}	0,67 ^{ns}	2,87 ^{ns}	0,87 ^{ns}
P x K	0,64 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,70 ^{ns}	0,49 ^{ns}
C.V. (%)	3,3	5,1	7,7	4,0

^{ns} - no significativo.

Cuadro 4. Acidez (pH) de jugo del fruto de tomate en función a la fertilización con fósforo y potasio.

Fuente de Variación	pH de jugo			
	1ª cosecha	2ª cosecha	3ª cosecha	Media
P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)				
0	4,17	4,14	4,41	4,24
150	4,16	4,14	4,35	4,21
300	4,15	4,15	4,37	4,22
600	4,17	4,13	4,37	4,22
K ₂ O (kg ha ⁻¹)				
0	4,20	4,14	4,40	4,25
50	4,16	4,14	4,37	4,22
100	4,14	4,13	4,36	4,20
200	4,15	4,15	4,38	4,23
Prueba F (p = 0,05)				
P	0,96 ^{ns}	0,50 ^{ns}	1,03 ^{ns}	2,03 ^{ns}
K	1,71 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,44 ^{ns}	1,09 ^{ns}
P x K	0,85 ^{ns}	0,76 ^{ns}	1,53 ^{ns}	1,20 ^{ns}
C.V. (%)	1,1	0,8	2,3	1,0

^{ns} - no significativo.

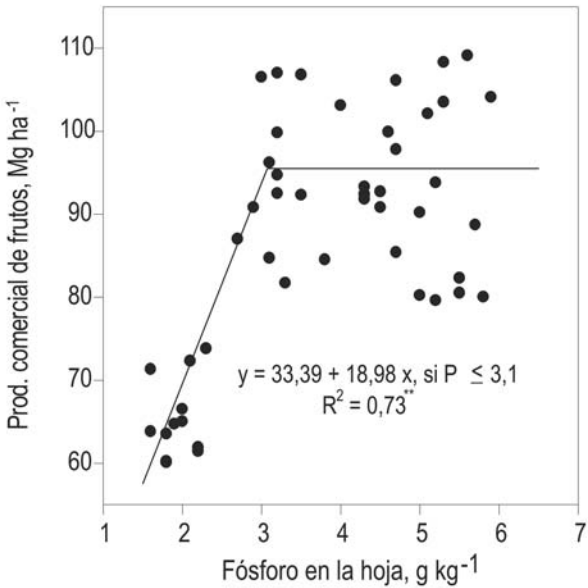


Figura 2. Nivel crítico de fósforo en las hojas de tomate.

no tuvo relación con el pH o el contenido de sólidos solubles del jugo. Si bien Liu *et al.* (2008) y Liu *et al.* (2011), encontraron aumento en la producción debido a la fertilización con K, la respuesta del agregado de K en el contenido de sólidos solubles fue inconsistente. En cuanto a la fertilización fosfatada, Oke *et al.* (2005) y Liu *et al.* (2011) también observaron que la adición de ese nutriente tuvo poco efecto en el

contenido de sólidos solubles. Oke *et al.* (2005) también comprobaron que la fertilización con P no tuvo ningún efecto sobre el pH del jugo.

Los valores de pH estuvieron cercanos a 4,2 (Cuadro 4). Ese valor de pH está muy próximo de 4,25, acidez óptima para frutos de tomate para la industria (Anthon *et al.*, 2011). Según este autor, el pH bajo es importante para el proceso industrial para inhibir del crecimiento de bacterias. Los valores de sólidos solubles estuvieron muy próximos de 5,0 (Cuadro 3) y son consistentes con los encontrados por Anthon *et al.* (2011). Este valor se considera mínimo para un buen rendimiento industrial, según Quinn y Crowther (1976).

Relacionando la producción comercial de frutos y la concentración de P en las hojas fue posible determinar dos clases de probabilidad de respuesta a la aplicación de ese nutriente. Observando en la Figura 2, el valor límite de esas clases fue 3,1 g kg⁻¹ de P. Ese valor es muy próximo del límite inferior de la faja de contenidos adecuados presentado por Fontes (2000), que varía de 3 a 6 g kg⁻¹ de P y se encuentra dentro de las fajas de contenidos medios encontradas en plantas sanas (3 a 9 mg kg⁻¹ de P), según Jones (1998). Malcolm (1959) también obtuvo las mayores producciones con concentraciones de P próximas de las obtenidas en ese estudio, variando de 2,4 a 2,9 g kg⁻¹ de P.

Conclusiones

Bajo estas condiciones experimentales, es posible concluir que la producción comercial de frutos de tomate para industria fue incrementada con la adición de P hasta la dosis de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅, pero esta fertilización no influyó en la calidad de los frutos. El nivel foliar crítico de P (4ª hoja a partir del ápice de las plantas colectadas en la floración) fue 3,1 g kg⁻¹ de P. La fertilización potásica no alteró la producción, el pH ni el contenido de sólidos solubles de los frutos de tomate.

Bibliografía

- Adams P. 1986. Mineral nutrition. En: Atherton JG, Rudich J. [Eds.] The tomato crop : a scientific basis for improvement. London : Chapman and Hall. pp. 281 - 324.
- Adebooye OC, Adeoye GO, Tijani-Eniola H. 2006. Quality of fruits of three varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* (L.) Mill) as affected by phosphorus rates. *Journal of Agronomy*, 5: 396 - 400.
- Anthon GE, LeStrange M, Barret DM. 2011. Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91: 1175 - 1181.
- Arshad M, Rashid A. 1999. Yield comparison between two varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) under the influence of NPK. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2: 635 - 636.
- Balliu A, Ibro V. 2002. Influence of different levels of potassium fertilizers on growth, yield and ascorbic acid content of tomato fruit grown in non-heated greenhouse. *Acta Horticulture*, 579: 385 - 389.
- Carrijo OA, Hochmuth G. 2000. Tomato responses to preplant-incorporated or fertigated phosphorus on soils varying in mehlisch-1 extractable phosphorus. *HortScience*, 35: 11 - 154.
- Fontes RR. 200. Solo e nutrição da planta. En: Silva JBC da, Giordano L de B. [Eds.] Tomate para processamento industrial. Brasília : Embrapa. pp. 22 - 35.
- Gent MPN. 2004a. Effect of nitrogen and potassium supply on yield and tissue composition of greenhouse tomato. *Acta Horticulturae*, 644: 369 - 373.
- Gent MPN. 2004b. Yield of greenhouse tomato in response to supplemental nitrogen and potassium. *Acta Horticulturae*, 633: 341 - 345.
- Groot CC de, Marcelis LFM, Boogaard R van den, Lambers H. 2004. Response of growth of tomato to phosphorus and nitrogen nutrition. *Acta Horticulture*, 633: 357 - 361.
- Hartz TK, Miyao G, Mullen RJ, Cahn MD, Valencia J, Brittan KL. 1999. Potassium requirements for maximum yield and fruit quality of processing tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124: 199 - 209.
- Huett DO. 1993. Fertiliser nitrogen and potassium studies with Flora-Dade tomatoes grown with trickle irrigation and polyethylene mulch covered beds on Krasnozern soils. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 33: 221 - 226.
- Jones JB. 1998. Tomato plant culture: in the field, greenhouse, and home garden. Boca Raton : CRC PRESS. 199p.
- Jones JB, Case VW. 1990. Sampling, handling, and analyzing plant tissues samples. En: Westerman RL. [Ed.] Soil testing and plant analysis. Madison : Soil Science Society of America. pp. 389 - 420.
- Liu K, Zhang TQ, Tan CS, Astatkie T. 2011. Responses of fruit yield and quality of processing tomato to drip-irrigation and fertilizers phosphorus and potassium. *Agronomy Journal*, 103: 1339 - 1345.
- Liu Z, Jiang L, Li X, Härdter R, Zhang W, Zhang Y, Zheng D. 2008. Effect of N and K fertilizers on yield and quality of greenhouse vegetable crops. *Pedosphere*, 18: 496 - 502.
- Malcolm JL. 1959. Nutrient effects on tomatoes, effect of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer on fruit yield and composition of tomato leaves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 7: 415 - 418.
- Melton RR, Dufaul RJ. 1991. Nitrogen, phosphorus, and potassium fertility regimes affect tomato transplant growth. *HortScience*, 26: 141 - 142.
- Menary RC, Staden J van. 1976. Effects of phosphorus nutrition and cytokinins on flowering in the tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Australian Journal of Plant Physiology*, 3: 201 - 205.
- Novais RF, Alvarez VVH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCL. 2007. Fertilidade do solo. Viçosa : Sociedade Brasileira de Ciência de Solo. 1017p.
- Oke M, Ahn T, Schofield A, Paliyath G. 2005. Effects of phosphorus fertilizer supplementation on processing quality and functional food ingredients in tomato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 1531 - 1538.
- Quinn JG, Growther PC. 1976. A evaluation of tomato cultivars : suitable for paste production in Northern Nigeria. *Tropical Science*, 18: 13 - 35.
- Sainju UM, Dris R, Singh BP. 2003. Mineral nutrition of tomato. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 1: 176 - 183.
- Zhang X, Liao H, Chen Q, Christie P, Li X, Zhang F. 2007. Response of tomato on calcareous soils to different seedbed phosphorus application rates. *Pedosphere*, 17: 70 - 76.