

Evaluación de cuatro híbridos de tomate y tres programas de fertilización bajo condiciones de invernadero en el departamento de Sololá

Vilma Porres, Edwin de León & Rolando Cifuentes

Centro de Estudios Agrícolas y Alimentarios, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala
veporres@uvg.edu.gt

RESUMEN: El uso de invernaderos ha crecido en los últimos 10 años en la región de Sololá. A pesar de la exitosa adopción de dicha tecnología y del elevado aumento en la productividad respecto a la producción a campo abierto, aún existen retos para incrementar los rendimientos de la producción de hortalizas bajo invernadero. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de programas de fertirrigación en híbridos de tomate tipo bola bajo condiciones de invernadero. El estudio se llevó a cabo en un invernadero de la estación experimental de la Universidad del Valle de Guatemala en su Campus de Altiplano. Se evaluaron cuatro híbridos y tres programas de fertilización. Entre los híbridos evaluados no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, no así entre los programas de fertilización. Se encontró que las plantas de tomate fertilizadas con las mayores dosis de nutrientes alcanzaron el mayor rendimiento, sin embargo económicamente se encontró que una mayor dosis de nutrientes representa un menor beneficio en relación al costo de los fertilizantes.

PALABRAS CLAVE: agricultura protegida, nutrición, fertirriego, rendimiento.

Evaluation of four tomato hybrids and three fertilization programs under greenhouse conditions in Sololá

ABSTRACT: The use of greenhouses in the Sololá region has grown in the last 10 years. Despite of the successful adoption of this technology, and the increase in productivity as compared to open field conditions, there are still many challenges to raise the yields of greenhouse grown vegetables. The objective of this study was to evaluate the effect of fertigation programs on round tomato hybrids. The study was carried out in a greenhouse at the

Experimental Station of Universidad del Valle de Guatemala in its Altiplano Campus. Four tomato hybrids and three fertilization programs were evaluated. No statistical differences were found among the hybrids, not so among the fertilization programs. It was found that the highest yield was reached with the highest dose of fertilizer. However the highest dose of fertilizer produced the lowest benefit/cost rate as compared to the other programs.

KEY WORDS: protected agriculture, plant nutrition, fertigation, yield.

Introducción

El cultivo de tomate bajo invernadero es una actividad que le permite al agricultor producir mejores cosechas y hacer un uso más eficiente de los recursos e insumos. Los rendimientos actuales de un agricultor a campo abierto en el área de Sololá se encuentran en 36 t/ha (MAGA, 2014), de las cuales gran parte del producto no cumple con las características que demanda el mercado por problemas de calidad como deficiencias en color, manchas y granos en la parte interna del fruto (Urizar, 2011).

Para los productores en invernaderos de baja tecnología los rendimientos promedio son de unas 136 ton/ha de tomate de primera o segunda calidad. A pesar de que esta tecnología se ha adoptado exitosamente en el altiplano de Guatemala en los últimos 10 años, y que se ha logrado un aumento significativo en la producción, aún existe un potencial grande de mejora. A la fecha una gran parte de los productores de tomate en el altiplano Guatemalteco han modificado su forma de producción desde una agricultura a campo abierto hacia la agricultura protegida utilizando macro túneles o pequeños invernaderos.

Entre los principales retos para la producción en invernadero se encuentra la selección del material vegetal adecuado, el manejo del riego y la fertilización, el manejo del clima dentro del invernadero, y el manejo de las plagas y enfermedades. De acuerdo a lo reportado en México, para invernaderos de un nivel medio de tecnología, los rendimientos de tomate se encuentran entre 200-250 t/ha y hasta 600 t/ha en invernaderos de alta tecnología (Ponce, 2013).

Debido a limitantes económicas y de conocimiento de la mayoría de pequeños agricultores la producción bajo invernadero en Sololá aún posee un nivel de tecnología bajo y se cultiva principalmente en suelo. El tema de la fertirrigación para la producción de tomate en invernaderos ha sido poco estudiada en Guatemala y es considerado crítico para obtener rendimientos elevados y una alta calidad de los frutos (Hochmuth y Hanlon, 2000). En 2013 Cifuentes et al. encontraron que la sustitución de N inorgánico por abono orgánico como fuente de nitrógeno(N) no incrementó el rendimiento en el mismo ciclo de cultivo, pero si mejoró el contenido de licopeno y mantuvo la calidad del fruto.

Para diseñar un programa de fertirriego para cultivo en suelo, es necesario tomar en cuenta el tipo de suelos. En la región de Sololá prevalecen los suelos Inceptisoles y Andisoles. Ambos con propiedades ándicas reflejadas por una alta capacidad de fijación de fosforo. El nivel de fertilidad para estos suelos se reporta como bajo en nitrógeno, fosforo, magnesio, azufre y zinc, y normal en potasio y calcio. Estas características podrían limitar los rendimientos de no ser aportadas por medio de un programa de fertirriego diseñado específicamente para dicho tipo de suelos.

En cuanto a los híbridos para invernaderos, en Guatemala el híbrido de tomate indeterminado tipo bola o ensalada que ha estado más presente en el mercado guatemalteco es el Nemonetta (Nirit Seeds LTD). Porres et al. (2014) en una evaluación de híbridos reportó que dicho híbrido tuvo un rendimiento de 216.9 t/ha en Sololá. Sin embargo se sabe de varios híbridos que son superiores en productividad como Dominique y Miramar (Vicente y Manzioni, 2003), por ejemplo.

En este estudio nos centramos en evaluar el efecto de los programas de fertirrigación con distintas cantidades de nutrientes sobre el rendimiento de híbridos de tomate redondo, tipo bola.

Metodología

Sitio Experimental

El experimento se llevó a cabo en un invernadero modelo Topacio (Azrom) dentro de la estación agrícola experimental de Universidad del Valle de Guatemala Campus Altiplano, localizada en la aldea el Tablón, municipio de Sololá a 2,340 msnm. El suelo prevaleciente en Campus Altiplano pertenece al orden Inceptisol.

Preparación del sitio

Previo al trasplante al suelo se hicieron análisis de la fertilidad del suelo. Se realizó una desinfección con Metam Sodio (0.6 l/ cama de 44 m de largo). Las camas permanecieron cerradas con plástico mulch por aproximadamente 21 días, luego se abrieron agujeros de 4 pulgadas de diámetro para colocar el pilón. Para el control de plagas del suelo se utilizó Diazinón a una dosis de 3 ml/ litro de y Mocap (100 gramos por cama de 44 m de largo), aplicando el producto directamente en cada agujero.

Tratamientos

Los cuatro híbridos de tomate tipo bola evaluadas fueron Dominique (Hazera), Beverly (Rjik Zwaan), Criollo y Nemonetta (Nirit Seeds LTD). Estos fueron trasplantados al suelo utilizando pilones de 30 días de edad. Se hizo una siembra de doble hilera por cama con una distribución de tresbolillo. Se utilizó un distanciamiento de 0.33 m entre plantas y 1.5 m entre camas, y elevadas a 40 cm del suelo. Las camas fueron cubiertas con mulch plástico plata/negro. La planta fue manejada a un solo eje y se realizaron deshijes, deshojes y raleos de frutos semanalmente para conseguir 5 frutos por racimo. Se utilizó un sistema de riego por goteo para hacer el fertirriego. El programa de fertirriego se definió basado en el análisis de suelo realizado, utilizando como base el programa 2 (Cuadro 1). Los otros dos programas incluyen una dosis inferior (Programa 1) y una dosis superior (programa 3). Las dosis de nutrientes en los tres programas de fertirrigación evaluados se describen en el cuadro 1. El total de los nutrientes fue fraccionado a lo largo del ciclo en 4 etapas. La primera etapa que consistió de cuatro

Cuadro 1. Programas de fertilización evaluados

Programa	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	Total de nutrientes
-----Kg/ha-----							
1	253	229	369	121	128	104	1205
2	543	344	738	242	256	208	2331
3	831	458	1107	363	384	312	3455

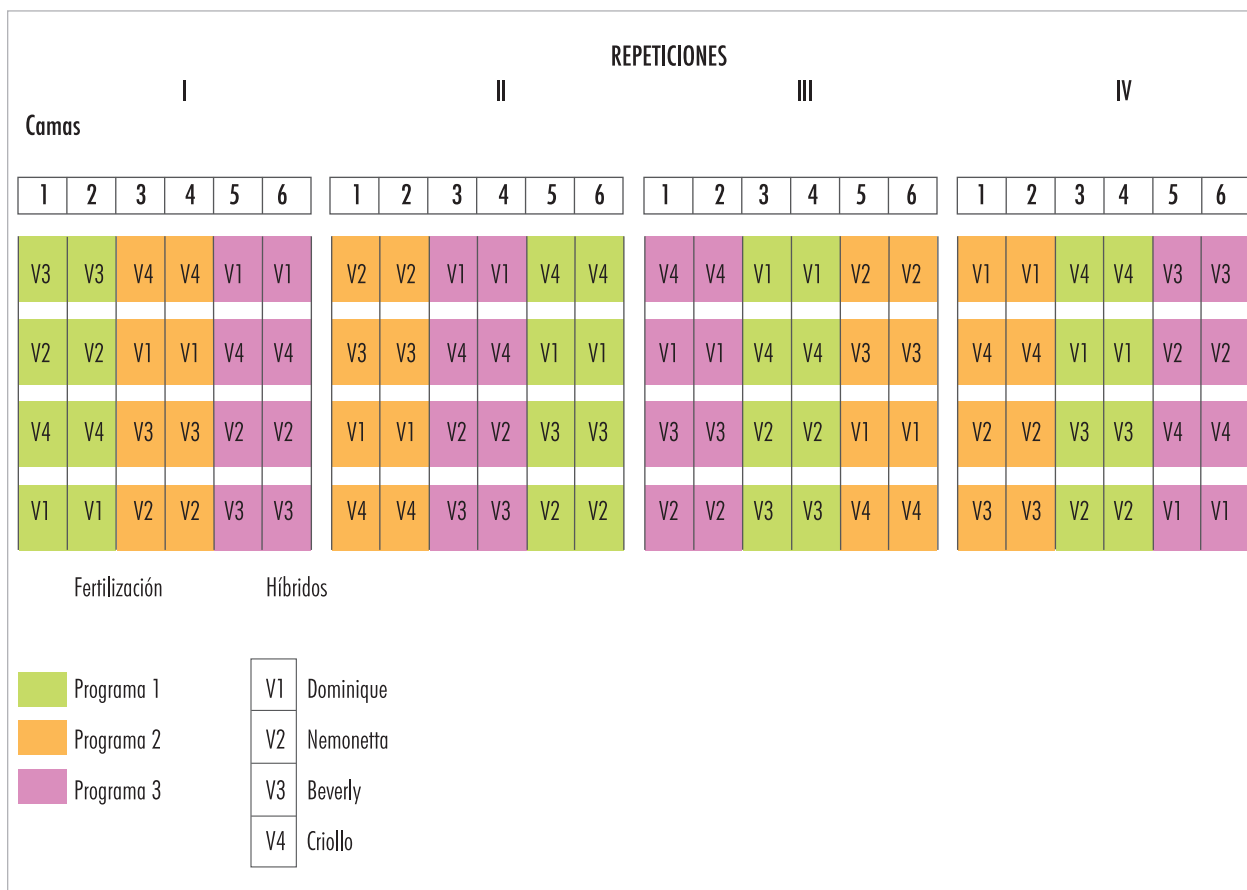


Figura 1. Distribución de los tratamientos de fertilizante e híbridos en el invernadero

semanas, la segunda etapa de ocho semanas, la tercera de nueve semanas y la última de treinta y dos semanas en las cuales se distribuyeron los nutrientes aportando 8%, 31%, 31% y 30% respectivamente.

El fertilizante fue aplicado con una frecuencia semanal, utilizando los fertilizantes hidrosolubles nitrato de potasio, nitrato de calcio, nitrato de amonio, sulfato de magnesio así como fosfato mono amónico (11-52-0) granulado al suelo, el cual fue aplicado en su totalidad al inicio del ciclo.

Diseño experimental

Se utilizó un arreglo en parcelas divididas con distribución en bloques al azar con 4 repeticiones (Figura 1). La parcela grande corresponde al programa de fertilización (3 programas) y la sub-parcela corresponde a los híbridos de tomates (4 variedades).

Cada unidad experimental estuvo formada por dos camas de 10.5 m de largo, 0.40 m de ancho y una separación de 1.5 m del centro de una cama al centro de la otra.

Variables medidas

Se midió el rendimiento (t/ha) de cada una de unidades experimentales así como la altura de la planta, el diámetro del tallo de la planta (a 10 cm de altura desde el suelo) y los días en cada etapa de ciclo fenológico de la planta. Se hizo un análisis de la relación beneficio/costo con cada programa de fertilización utilizando un precio de venta de Q 8.1/kg y costos de fertilizantes en quetzales por kilogramo de 14.44 para el nitrato de potasio, 8.07 para el nitrato de calcio, 4.87 para el nitrato de amonio, 5.20 para el sulfato de magnesio y 8.64 para el fosfato mono amónico (MAP). Como referencia 1 USD = Q. 7.7.

Resultados

Rendimiento

El rendimiento (t/ha) general de los híbridos fue de 204.7, 207.5, 208.1 y 208.1 con Dominique, Nemonetta, Beverly y Criollo respectivamente, no habiendo encontrado diferencias

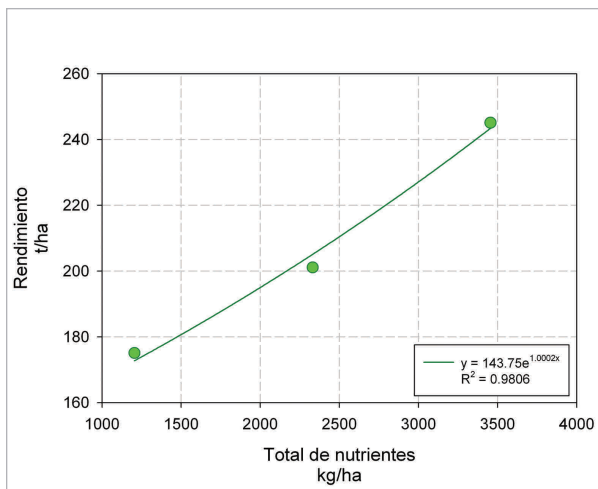


Figura 2. Rendimiento del tomate de acuerdo al total de nutrientes en cada programa de fertilización.

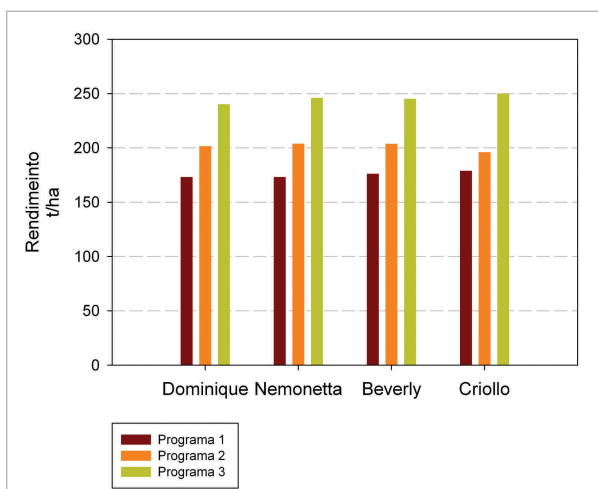


Figura 3. Rendimiento (t/ha) de cuatro híbridos de tomate en tres programas de fertilización

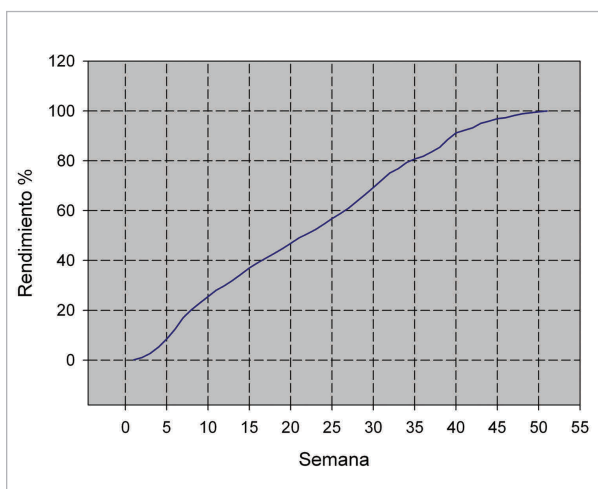


Figura 4. Acumulación del rendimiento (%) a lo largo del período de cosecha. Promedio de cuatro variedades de tomate y tres programas de fertilización.

estadísticamente significativas ($P > 0.05$). En cuanto a los programas de fertirriego si se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Los rendimientos generales de acuerdo al total de nutrientes aplicado en los tres programas de fertirriego se observan en la Figura 2. El efecto de la interacción híbrido por programa de fertilización no fue significativo ($p > 0.05$).

El rendimiento con el programa de fertirriego 1 fue de 172.8, 172.9, 175.8 y 178.6 t/ha de tomate para los híbridos Dominique, Nemonetta, Beverly y Criollo, respectivamente (Figura 3). Siguiendo el mismo orden listado, con el programa 2 el rendimiento fue de 201.4, 203.6, 203.5 y 195.8; y con el programa 3 se obtuvieron 239.8, 254.8, 244.9 y 249.8 t/ha, respectivamente.

La producción de tomate tuvo una duración de 350 días de cosecha. Se realizaron 51 cortes, uno cada semana que promediaron 3.4, 3.9 y 4.8 t/ha/corte con los programas de fertirriego 1, 2 y 3 respectivamente. En la Figura 4 se observa % del rendimiento acumulado en cada semana de corte.

Ciclo fenológico

El cultivo tuvo una duración de 448 días desde el trasplante hasta el fin de cosecha (Figura 5). La floración de la planta de tomate inicio entre los 28 y 35 días después de trasplante (d.d.t.). Los primeros frutos alcanzaron la madurez fisiológica a los 98 d.d.t., momento en el cual inició la cosecha. La cosecha tuvo una duración de 350 días.

Altura de planta

La altura de la planta se midió casi al final del ciclo a los 417 d.d.t. Se observó que las plantas de los híbridos Dominique, Nemonetta, Beverly y Criollo alcanzaron los 605, 607.1, 607 y 616.8 cm en promedio (Figura 6). De acuerdo a los programas de fertirriego, la altura de las plantas fue de 610.3, 608.7 y 608 cm en promedio con el programa 1, 2 y 3 respectivamente.

Diámetro de tallo

El diámetro de los tallos se midió el día 403 d.d.t. El diámetro promedio en los híbridos Criollo, Nemonetta y Beverly fue de 1.3 cm mientras que en el híbrido Dominique el diámetro del tallo fue de 1.4 cm. Respecto al programa de fertirriego en el programa 1 se obtuvieron tallos con 1.3 cm de diámetro, mientras que con los programas 2 y 3 el diámetro obtenido fue de 1.4 cm (Figura 7).

Relación beneficio/costo

En la Figura 8 se observa la relación beneficio /costo en donde se encontró que por cada quetzal invertido en el programa de

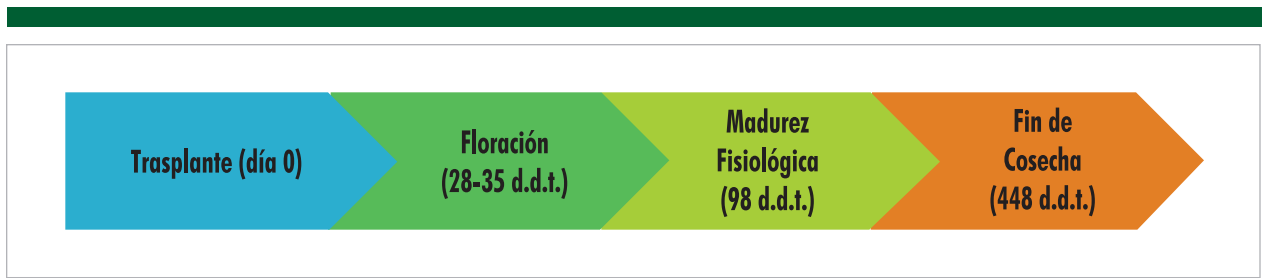


Figura 5. Fenología de las plantas de tomate híbrido en el invernadero de Sololá

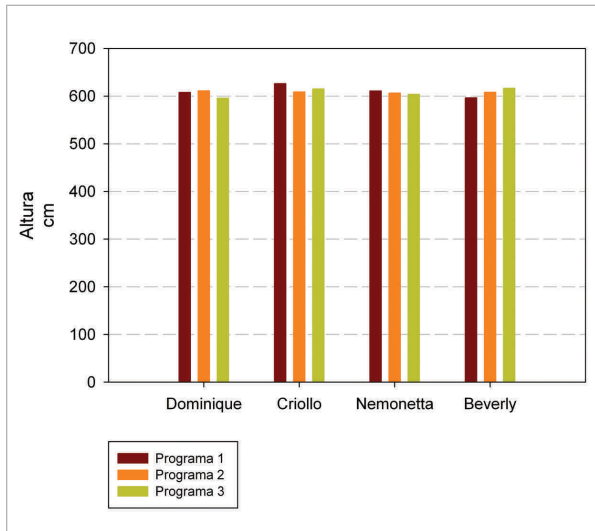


Figura 6. Altura de planta según híbrido de tomate y programa de fertilización a los 417 d.d.t.

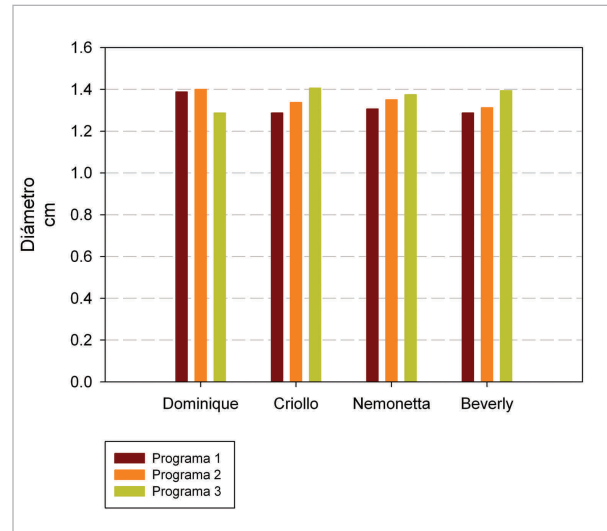


Figura 7. Diámetro del tallo de las plantas de tomate según híbrido y programa de fertilización a los 403 d.d.t.

fertilización 1, 2 y 3, se obtiene un beneficio de 31.4, 18.4 y 15.41 quetzales respectivamente.

Discusión

Entre los programas de fertirriego evaluados destacó el rendimiento del programa con la mayor dosis de nutrientes, con diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) respecto a los otros dos programas. Se observó una tendencia exponencial entre la cantidad de nutrientes y el rendimiento. Esta relación directa entre la cantidad de nutrientes y el rendimiento ha sido establecido por varios autores (Papadopolus y Rending, 1983; Hedge, 1997; Whale y Masiunas, 2003). A pesar de eso se sabe que la respuesta del rendimiento del tomate a la cantidad de nutrientes tiene un punto óptimo y un límite, y que al excederlo los rendimientos disminuyen (Sainju *et al.* 2003). Posiblemente aun sea técnicamente factible incrementar el rendimiento con dosis más altas de nutrientes, por lo que conviene seguir investigando. Respecto al programa 1, el programa 2 aumento el rendimiento promedio casi un 15%. El aumento de rendimiento entre el programa 2 y 3 fue de casi 22% y el aumento entre el programa

1 y 3 fue de 40%. El programa de fertilización con el mayor contenido de nutrientes tuvo un efecto positivo en el rendimiento, contrario a lo reportado por Eliá y Conversa (2012) quienes indican que dosis superiores a los 300 kg/ha de N provocan un desbalance entre el crecimiento vegetativo y el reproductivo, favoreciendo el desarrollo de hojas y disminuyendo el número de frutos. Esto posiblemente debido a que los materiales vegetales evaluados en nuestro estudio son de hábito de crecimiento indeterminado, con mayor longitud de ciclo, y además que en los programas evaluados no solo se incrementó uno de los nutrientes (N), sino que se mantuvieron las proporciones recomendadas entre los distintos macro y micronutrientes.

En la figura 4 es posible observar que el rendimiento crece muy rápidamente hasta la semana 7 en la cual disminuye la pendiente del rendimiento acumulado (%). Nuevamente entre la semana 41 y 51 se observa otro deceso en la pendiente del rendimiento acumulado (%) indicando que la planta ya no es tan productiva durante dicho período. El efecto del programa de fertirriego fue evidente sobre el rendimiento, no así en otros parámetros evaluados en la planta como en la altura, o diámetro del tallo, ya que no existieron diferencias significativas, aunque otros

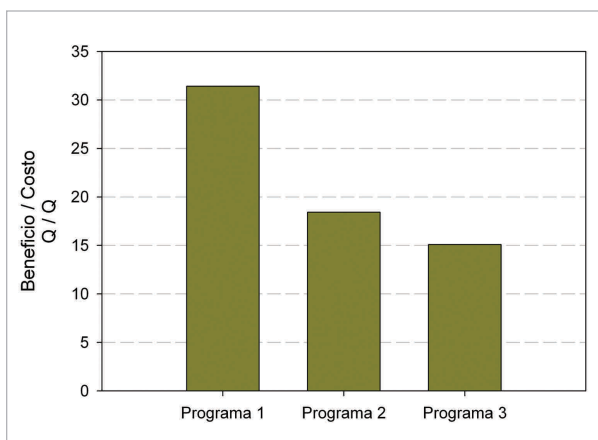


Figura 8. Relación beneficio /costo con cada programa de fertilización.

autores (Ranasinghe y Weerakkody) si las han notado en sus estudios. Es posible que sea necesario medir otros parámetros que sean indicadores más sensibles o directos del estado nutricional de la planta cuando se evalúan programas de fertirriego. Whale y Masiunas (2003) tomaron en cuenta el peso de los brotes y el peso total de la planta. Rezende y Pagotto (2002) encontraron diferencias estadísticamente significativas usando el peso seco de los brotes y el análisis de la savia del peciolo.

Hedge (1997) menciona que la capacidad de consumo de nutrientes en solanáceas está influenciada por una serie de variables climáticas y genéticas, sin embargo entre los híbridos evaluados no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento. Se observó que los híbridos Criollo, Bevery y Nemonetta tuvieron un rendimiento levemente superior que Dominique. En la altura de las plantas el híbrido Criollo fue superior a Nemonetta y Bevery por casi 10 cm y a Dominique por 12 cm. En los diámetros del tallo tampoco se observaron grandes diferencias, Dominique tuvo un tallo más grueso que los otros híbridos por 1 mm. La fenología del cultivo no varió entre híbridos. Debido a fines prácticos todas las plantas fueron eliminadas a los 448 d.d.t. Del total de la duración del ciclo de cultivo el 78% del tiempo la planta fue cosechada.

Económicamente se observa que la relación beneficio/costo entre los distintos programas de fertilización disminuye a medida que se incrementa la dosis de nutrientes. Esto posiblemente debido a que en las curvas de absorción de nutrientes se llega un punto en el que el beneficio de una mayor absorción de nutrientes no es tan evidente en el rendimiento y podría llegar a un punto en que el rendimiento no justifique económicamente dicho aporte de nutrientes.

Conclusiones

El programa con dosis alta de nutrientes mejoró el rendimiento respecto a la dosis media y baja.

Basado en el rendimiento cualquiera de los cuatro híbridos pueden ser utilizados para la producción bajo invernadero en Sololá; sin embargo, es necesario tomar en cuenta otros aspectos como la calidad del fruto y la resistencia o tolerancia a enfermedades fúngicas, bacterianas y virales.

A pesar de que el incremento en la dosis de nutrientes produce un incremento en la productividad, el beneficio económico no está linealmente relacionado ya que la mayor relación beneficio/costo se obtiene con la menor dosis de nutrientes.

Adicionalmente, es necesario pensar en estrategias de programación de riego, de eficiencia del uso del agua, dosificación y distribución de nutrientes para hacer un uso óptimo y evitar la lixiviación y contaminación de fuentes de agua en la cuenca del lago Atitlán.

Agradecimiento

Al Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) quien por medio del programa Food for Progress 2010 (FFP10) financió la ejecución del presente estudio (Contrato OGSM: FCC-520-2010/026-00).

Bibliografía

- Cifuentes R, AS Colmenares, E de León, y X González (2013) Efecto de la sustitución parcial de fertilizante inorgánico por compost sobre el rendimiento y la calidad del tomate de invernadero (*Solanum lycopersicum* L.) en Sololá *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala* **26**: 25-34
- Eliá A, G Conversa (2012) Agronomic and physiological responses of a tomato crop to nitrogen input *Eur J Agron* **40**: 64-74
- Fontes PCR, CP Ronchi (2002) Critical values of nitrogen indices in tomato plants grown in soil and nutrient solution determines by different statistical procedures *Pesq Agropec Bras* **37**: 1421-1429
- Hedge DM (1997) *Nutrient requirements of solanaceous vegetable crops* All India Coordinated Safflower Improvement Project Solapur, Maharashtra, India
- Hochmuth G, E Hanlon (2000) *A Summary of N,P,K Research with tomato in Florida* Soil and Water Science Department, University of Florida/IFAS Extension
- MAGA (2014) *El Agro en Cifras 2014* Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, Guatemala

- Papadopolus I, V Rendig (1983) *Interactive effects of salinity and nitrogen on growth and yield of tomato plants* Plant Soil **73**: 47-57
- Ponce CP (2013) *Producción de tomates en invernadero en México* Revista Hortalizas (<http://www.hortalizas.com/horticultura-prottegida/produccion-de-tomates-en-invernadero-en-mexico/>)
- Porres V, E de León, R Cifuentes (2014) *Evaluación de cultivares de tomate (Solanum lycopersicum) bajo condiciones de invernadero en los departamentos de Sololá y Suchitepéquez* Revista de la Universidad del Valle de Guatemala **27**: 75-81
- Ranasinghe RAS, WAP Weerakkody (2006) *Effects of fertilizer dosage and nutrient balance on the growth and nutrient uptake of greenhouse tomato* Trop Agri Res **18**: 394-398
- Sainju U, R Dris, B Singh (2003) *Mineral nutrition of tomato* J Fd Agric Environ **1**: 176-183
- Urizar N (2011) *Producción de tomate bajo condiciones de invernadero en la comunidad de Chitapol, Uspantán, Quiché* Tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala
- Vicente E, A Manzioni (2003) *Ensayo Comparativo de híbridos de tomate en ciclo de invierno-primavera 2003. Cultivares de tomate para invernadero en el litoral norte* Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Uruguay
- Whale E, J Masiunas (2003) *Population density and nitrogen fertility effects on tomato growth and yield* HortScience **38**: 367-37