

COMPLEMENTOS NUTRICIONALES PARA EL RENDIMIENTO Y NUTRICIÓN DEL CULTIVO DE MELÓN CON FERTIRRIEGO Y ACOLCHADO*

NUTRITIONAL SUPPLEMENTS FOR FRUIT YIELD AND NUTRITION OF MUSKMELON UNDER FERTIGATION AND PLASTIC MULCH

Luis Mario Tapia Vargas¹, Héctor Rómulo Rico Ponce¹, Ignacio Vidales Fernández¹, Antonio Larios Guzmán¹, Martha Elena Pedraza Santos² y Jesús Herrera Basurto²

¹Campo Experimental Uruapan. INIFAP. Av. Latinoamericana 1101. Colonia Revolución. C. P. 60080. Uruapan, Michoacán. Tel. 01 452 5237392. Ext. 101. (hrrpj_2360@hotmail.com), (vidales.ignacio@inifap.gob.mx), (anlarios@yahoo.com.mx). ²Facultad de Agrobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Paseo Lázaro Cárdenas. Esquina Berlín. C. P. 60170. Uruapan, Michoacán. Tel. 01 452 5236074. (marelpesa@yahoo.com.mx), (mcjhbasurto@hotmail.com). *Autor para correspondencia: tapia.luismario@inifap.gob.mx.

RESUMEN

El melón fertirrigado es sometido a uso intensivo de insumos y aplicación de complementos nutricionales al follaje. El objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de foliares orgánicos e inorgánicos en la condición nutrimental, desarrollo, rendimiento y calidad del fruto del melón con acolchado y fertirriego. En 2006 se evaluaron los siguientes tratamientos: 1) testigo con fórmula de fertilización 180-100-200 (N-P₂O₅-K₂O); 2) tratamiento 1 más activadores orgánicos y foliares inorgánicos (AO+F); 3) tratamiento 1 más biofertilizantes orgánicos foliares y al suelo (OR); 4) tratamiento 1 más hormonas e inorgánicos al follaje (H+F). En 2007 se estudiaron los tratamientos 1, 2, 3, y 4 de 2006 y se adicionaron dos tratamientos: 5) tratamiento 1 más bioactivadores orgánicos al suelo más foliares inorgánicos (B+F); y 6) reducción de 50% de la fertilización del tratamiento 1 más biofertilizantes orgánicos foliares y al suelo (RE). Se determinaron las características: rendimiento de fruto calidad bruce y nacional; °Bx en frutos, N-NO₃ y K⁺ (mg L⁻¹) en extracto celular de pecíolo (ECP); N, P y K foliar total (g L⁻¹); longitud de guía (m); biomasa foliar y radical (g planta⁻¹). En 2006, H+F superó significativamente al testigo con 16 t ha⁻¹ más de fruto calidad bruce; mientras que en 2007 H+F y OR pudieron superarlo con 6.6 y 5.3 t ha⁻¹, respectivamente. H+F fue superior al testigo en ambos años.

Además, hubo un efecto significativo de tratamientos en la nutrición de N y P foliar total (g L⁻¹); no hubo diferencias en K total (g L⁻¹) y en N-NO₃ (mg L⁻¹) en ECP. La utilización de foliares en melón fertirrigado si tiene efecto en incremento de rendimiento de fruto calidad bruce y en la nutrición, pero no en la biomasa del cultivo.

Palabras clave: *Cucumis melo*, fertilización, nutrición foliar, riego por goteo.

ABSTRACT

Fertigated muskmelon is cultivated under intensive use of fertilizer and foliar nutritional supplements. The aim of this research was to evaluate the effect of organic and inorganic foliar applications upon the nutrimental condition, crop development, fruity yield and quality of mulched muskmelon under fertigation. In 2006, the following treatments were evaluated: 1) control with a fertilization rate of 180-100-200 (N-P₂O₅-K₂O); 2) same as control 1 plus organic promoters and inorganic foliar nutrients (AO+F); 3) control 1 plus organic bio-fertilizers applied to foliage and soil (OR); 4) control 1 plus foliar inorganic nutrients and hormones

* Recibido: febrero de 2009
Aceptado: febrero de 2010

(H+F). In 2007 same treatments as 2006 (1, 2, 3, 4) were tested plus two new treatments: 5) control 1 plus soil organic bio-promoters and foliar inorganic nutrients (B+F); and 6) reduction of fertilization rate of control 1 to 50% plus organic bio-fertilizers applied to foliage and soil (RE). Following traits were measured: fruit yield, bruce and national fruit quality, fruit °Bx, N-NO₃ and K⁺ (mg L⁻¹) in petiole cellular extract (ECP), total foliar N, P and K (%), main shoot length (m) and root and foliar biomass (g plant⁻¹). In 2006, H+F had a significant effect on bruce fruit quality yield with 16 t ha⁻¹ higher than control 1. Also, in 2007 H+F and OR had 6.6 and 5.3 t ha⁻¹ significantly higher yield than control 1, respectively. Moreover, there was a significant effect of treatments on N and P (%) foliar nutrition. There were not differences on either total K (%) or ECP N-NO₃ (mg L⁻¹). Foliar supplements in fertigated muskmelon have a significant effect on increasing bruce fruit quality yield and foliar nutrition, but crop biomass was not affected.

Key words: *Cucumis melo*, drip irrigation, fertilization, foliar nutrition.

INTRODUCCIÓN

Las principales características del sistema de producción de melón fertirrigado con acolchado plástico en México son: alta inversión económica, uso intensivo de agroquímicos y prácticas culturales intensivas. En áreas cálidas de Michoacán, el cultivo de melón se ha convertido en una atractiva opción durante el ciclo otoño-invierno de cada año, llegando a más de 2 000 ha de superficie cultivada; donde el sistema de producción predominante es con fertirrigación (SAGARPA, 2007), el cual necesita una inversión económica de \$56 000.00 ha⁻¹, sin considerar el cabezal de bombeo, filtración e inyector de fertilizante. El manejo nutricional foliar y el suelo del cultivo en este sistema de producción, representa de 10 a 35% de la inversión efectuada, lo cual incrementa los costos de producción; además, puede causar efectos nocivos para el ambiente (Mora *et al.*, 2006), y en exceso disminuye el rendimiento y calidad del fruto (Arias *et al.*, 1994).

La alta inversión económica que efectúa el productor, asegura las mejores condiciones para máxima productividad del cultivo, como el acolchado, el cual ha demostrado su efectividad en el incremento del rendimiento (Pérez *et al.*, 2004), como barrera que impide arribo de vectores de enfermedades (Stapleton y Summers, 2002), para favorecer

mayor producción de biomasa aérea (Ibarra *et al.*, 2001) y para mejores condiciones fitosanitarias y de inocuidad (Hernández *et al.*, 2006); también el fertirriego facilita el flujo de elementos nutritivos que requiere la planta (Tapia *et al.*, 2006). El 100% de los productores de melón que utilizan esta tecnología aplican productos vía follaje, ya sea como complemento nutricional o como activadores del metabolismo (hormonas o precursores de síntesis) y pueden ser orgánicos o minerales; además, 40% aplica productos químicos u orgánicos al suelo, como complemento a la fertirrigación. No obstante, un exceso de aplicación de insumos foliares y fertilizantes en este cultivo, puede ocasionar desórdenes fisiológicos y pérdida total del cultivo (Arias *et al.*, 1994).

La aplicación foliar de nutrientes en melón, es una herramienta de manejo utilizada para suministrar nutrientes que el suelo es incapaz de proporcionarle a la planta (Nelson *et al.*, 1985), o bien, aún estando presentes en el suelo, no pueden ser asimilados por bloqueo o antagonismo entre cationes como el Ca, Mg y K (Lester *et al.*, 2005). Algunos compuestos pueden incrementar el área foliar y con ello propiciar mayor capacidad de síntesis (Akanbi *et al.*, 2007); otros como el ácido salicílico pueden tener un efecto favorable, después de una condición estresante (Shi *et al.*, 2006); la aspersión de fosfatos 0.1 M, puede funcionar como nutricional y fungicida (Reuveni y Reuveni, 1998). En otros cultivos como el maíz, la aplicación de P, K y B vía follaje puede incrementar el crecimiento (Thavaprakaash *et al.*, 2006), o corregir deficiencias micronutrientales en arroz, causadas por antagonismos nutricionales en el suelo (Savithri *et al.*, 1998); la aspersión foliar de compuestos hormonales como ciertos aminoácidos, en pimiento incrementan la productividad y el crecimiento radicular (Van Pelt y Popham, 2007), y en uva de mesa, estimulan el crecimiento de brotes, el área foliar y la tasa fotosintética (Watanabe *et al.*, 2006). Sin embargo, en melón fertirrigado las aplicaciones de diferentes compuestos nutricionales, minerales, orgánicos, hormonales y activadores del metabolismo, tanto de aplicación foliar como al suelo, no se han documentado y se carece de información actualizada del efecto de estos productos en el desempeño agronómico del cultivo, en la calidad y rendimiento de fruto, en el contenido nutricional foliar o en savia y la mayor densidad radical o de follaje. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de foliares orgánicos e inorgánicos en la condición nutrimental, desarrollo, rendimiento y calidad del fruto del melón con acolchado y fertirriego.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se condujo en el Campo Experimental “Valle de Apatzingán”, Michoacán, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en la carretera Apatzingán - Nueva Italia, km 17; a 19° 09' latitud norte y 102° 03' longitud oeste, y 340 m de altura (INEGI, 1995). El clima es BS₁, cálido seco, sin invierno definido y con lluvias en verano de ± 600 mm (Arias *et al.*, 1994). El suelo es un vertisol pélico representativo de los suelos agrícolas del Valle de Apatzingán (Mellado *et al.*, 2005), con pH de 8.2, conductividad eléctrica de 2.6 dS m⁻¹ y una CIC de 45.6 cmol_c kg⁻¹. En ambos años la siembra se realizó en marzo y finalizó en mayo durante la época de máximo calor con media de 28 °C.

Durante el primer año de estudio (2006), se establecieron cuatro tratamientos: 1) testigo, consistió en la fertilización al suelo con la fórmula 180-100-200 de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente. El 50% de N y K, y 100% de P se aplicó de fondo antes de acolchar mediante fertiriego, entre los 20-65 días del ciclo vegetativo se aplicó el resto del nitrógeno en partes iguales cada semana, mientras que el K restante se aplicó entre los 35 y 65 días del ciclo de cultivo en partes iguales cada semana, para asegurar en esta etapa suficiente disponibilidad de K⁺ como señalan Lester *et al.* (2005) para máxima calidad del fruto. Las fuentes de fertilización de base fueron urea, superfosfato triple de calcio y sulfato de potasio, mientras que en fertiriego se utilizó urea para N y sulfato de potasio soluble para K; 2) tratamiento 1 más aplicación vía foliar de fitoactivadores orgánicos compuesto de ácido gama aminobutírico 5% (Auxigro PH), en dosis de 240 g ha⁻¹, se aplicó en floración y en formación de fruto, se adicionó fertilizante foliar líquido compuesto de minerales solubles macro y micronutrientes en dosis de un litro de Nitrofoska SL por 200 litros de agua, aplicado cada 8 días desde la emergencia, se identificó como AO+F; 3) tratamiento 1 más aplicación al suelo y foliar de biofertilizantes orgánicos usando guano líquido de murciélagos comercial al 15% (Guanofol) en dosis de 2 L ha⁻¹, fue aplicado a 20, 40 y 60 días del ciclo vegetativo vía foliar, al suelo se aplicó a la siembra y 15 días después de la emergencia en fertiriego, éste identificó como OR; y 4) Tratamiento 1 más aplicación vía foliar de fitohormonas con citocinina (Tidiazurón) en concentración de 2.3 g L⁻¹ mezclada con giberelina (ácido giberélico) en concentración de 40 mg L⁻¹, se aplicó una dosis de 0.25 litros de X-Plendor por 100 litros de agua, al inicio de floración y la segunda en crecimiento de fruto. Se adicionó fertilizante foliar soluble similar al tratamiento 2 y se identificó como H+F.

Debido al efecto positivo observado en el cultivo, en 2007 se adhirieron dos tratamientos: 5) tratamiento 1 más adición de bio-activadores del suelo (complejo bacterial de *Bacillus licheniformis* y *Pseudomonas aeruginosa* en una densidad de 1 X 10⁹ UFC g⁻¹ y una concentración de 85%), utilizando Rhizobac en dosis de 1 kg ha⁻¹ cada 10 días con fertiriego. Asimismo, se adicionó el fertilizante foliar soluble del tratamiento 2, éste se identificó como B+F; y 6) se redujo la mitad de la fórmula aplicada al tratamiento 1 en todas sus etapas de fertilización al suelo, y de manera complementaria se aplicó 100% la metodología reseñada para el fertilizante orgánico en el tratamiento 3 y se identificó como (RE).

Estos tratamientos, cubren 100% la gama de complementos foliares y al suelo aplicados en melón con este sistema de producción en Michoacán. El diseño experimental en ambos años fue bloques al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental, constó de tres camas de 1.8 m * 5 m, tomando como parcela útil la cama central. La siembra se realizó en húmedo al centro de la cama, con una separación entre plantas de 30 cm. La variedad utilizada fue Cruiser F1, de amplio uso en la región. Los tratamientos se aislaron con válvulas compuerta de 25 mm para no permitir traslape de tratamientos que utilizaron el riego como vía de aplicación (3), (5) y (6); durante el riego, las llaves eran abiertas para permitir el paso del agua, el criterio de riego fue mantener el nivel de humedad en el intervalo de 0-20 cb, que en este vertisol pélico significa un abatimiento máximo de 20% de la humedad aprovechable. Cada tratamiento recibió 125 horas de riego en el ciclo, que produjo un volumen de 2 638.5 m³ ha⁻¹. Las aplicaciones foliares se realizaron a las 8:00 am en días sin viento.

El efecto de tratamientos fue evaluado a través del registro de: a) rendimiento de fruto en calidad bruce calibres 9 a 23 (primera), nacional calibres 25 a 56 (segunda), comercial (bruce + nacional), frutos deformes, sin red, con daños o calibre superior a 64 no fueron considerados; b) °Bx en frutos de los cortes dos y tres de cada parcela evaluados con refractómetro portátil; c) concentración en el extracto celular de pecíolo (ECP), de N-NO₃ y K *in situ* con ionómetros Horiba®. Las muestras foliares, se tomaron al inicio de la fructificación y al inicio de la cosecha de la hoja más reciente y madura en cada parcela a las 9:00 am; una muestra fue para ECP (Farneselli *et al.*, 2006), efectuándose el análisis en tiempo real (Badillo *et al.*, 2001); y d) la otra muestra foliar se envió a laboratorio para análisis químico de la concentración de contenido de N, P y K foliar (g L⁻¹) sólo en 2007. Los métodos de análisis para N total fue micro-Kjeldhal; P por

digestión de mezcla triácido y cuantificación por el método de metavanadato-molibdato de amonio; y K por digestión triácido y flamometría.

Los parámetros medidos durante el desarrollo del cultivo fueron: a) longitud de guía (m), medidas en cinco plantas de cada parcela útil, al inicio y al finalizar la cosecha; b) biomasa foliar (g planta^{-1}), evaluada en cinco plantas de cada parcela útil al finalizar la cosecha, secadas a 64 °C y pesadas en balanza electrónica; c) biomasa radicular (g planta^{-1}), se obtuvieron dos plantas al final de la cosecha con pala y se dejaron en cubetas con agua para lavar el suelo, se separó la raíz y se secó a 64 °C procediéndose a pesar. Las variables se analizaron con el programa SAS, presentando el nivel de significancia estadística en cada una de ellas. En forma gráfica se muestra el efecto de tratamiento en el rendimiento de fruto calidad bruce y comercial. Mediante análisis de regresión se explicaron los efectos de las concentraciones

nutricionales en el rendimiento y la calidad de fruto. Se obtuvieron las significancias estadísticas de los pendientes de regresión y los coeficientes de correlación, mediante una prueba de t y una prueba de r (Steel y Torrie 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En 2006 se detectó efecto significativo para rendimiento de melón calidad bruce, mientras que para 2007 el rendimiento de fruto calidad bruce, nacional y comercial tuvieron respuesta significativa (Cuadro 1). En relación con las concentraciones nutricionales, el análisis efectuado ECP, no detectó efecto en la concentración de N-NO_3 y K^+ en ninguna etapa de desarrollo en los dos años, excepto en el inicio de fructificación para K^+ en ECP sólo en 2006. Respecto al análisis foliar, en 2007 se detectó efecto significativo en la concentración de N y K total.

Cuadro 1. Estadísticos de la prueba de F obtenidos en variables estudiadas de melón con diferente manejo de foliares del Valle de Apatzingán.

Variable	F calculada	
	2006	2007
Rendimiento y calidad de fruto:		
Fruto calidad bruce (B)	3.0*	4.9**
Fruto calidad nacional (N)	2.0	3.3*
Fruto calidad comercial (B+N)	1.9	6.2**
°Bx	0.5	0.6
Extracto celular de pecíolo al inicio fructificación:		
N-NO_3 (mg L^{-1})	1.4	0.21
K (mg L^{-1})	4.3*	0.22
Inicio cosecha		
N-NO_3	1.0	0.56
K	0.7	0.9
Ánálisis foliar al inicio fructificación:		
N total (g L^{-1})	sd	2.6*
P total (g L^{-1})	sd	3.5*
K total (g L^{-1})	sd	0.4
Inicio cosecha		
N total (g L^{-1})	sd	3.3*
P total (g L^{-1})	sd	7.5**
K total (g L^{-1})	sd	1.9
Desarrollo del cultivo:		
Longitud de guía	sd	1.4
Biomasa foliar (g planta^{-1})	sd	1.1
Peso radical (g planta^{-1})	sd	0.4

*=significativo ($p \leq 0.05$); **=altamente significativo ($p \leq 0.01$); sd= sin dato.

En el resto de las variables evaluadas, como longitud total de la guía principal (m), peso seco de follaje y raíces (g planta^{-1}), no se encontró efecto significativo, y puede afirmarse que debido a la ausencia de efecto significativo dado por los valores de F calculada en cada variable, la aplicación de foliares no incrementa la longitud de la guía principal, ni la biomasa en follaje y/o en raíces (Cuadro 1).

Rendimiento y calidad de fruto

Durante 2006, se observó un incremento significativo del rendimiento de melón calidad bruce en el tratamiento H+F, con 66.6 t ha^{-1} , contra 50.8 t ha^{-1} del testigo (Figura 1). El

resto de los tratamientos fueron similares al testigo en rendimiento de melón calidad bruce. En cuanto al melón calidad comercial, nuevamente el tratamiento H+F resultó significativamente el más alto con 72.5 t ha^{-1} y los tratamientos con menor rendimiento fueron el testigo con 57.7 t ha^{-1} y el tratamiento AO+F con 61.7 t ha^{-1} . En ambas calidades, OR tuvo una respuesta similar a H+F con 55.2 t ha^{-1} de fruto calidad bruce y 62.6 t ha^{-1} de calidad comercial, y similar al tratamiento testigo (Figura 1). Durante este año, todos los tratamientos tuvieron mayor rendimiento que el testigo, aunque el caso de OR y AO+F, la diferencia no fue significativa. Ello indica que el rendimiento de fruto calidad bruce tuvo una tendencia a incrementarse con los tratamientos.

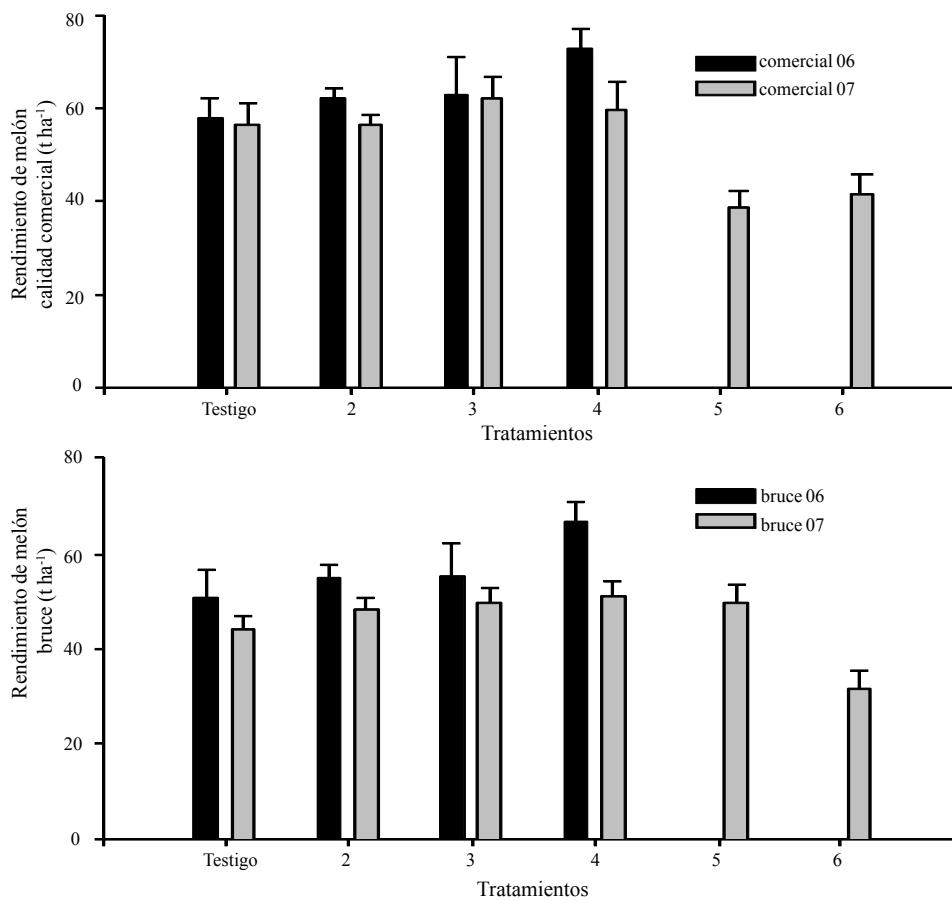


Figura 1. Rendimiento de melón calidad bruce y comercial, con diferentes tratamientos: 2= activadores orgánicos; 3= biofertilizantes; 4= hormonales; 5= bioactivadores del suelo; y 6= reducción de 50% del fertilizante utilizado. Las barras acotadas en cada columna indican el error estándar.

En 2007, se incluyeron dos tratamientos de fertilizantes foliares hasta cubrir 100% de los productos utilizados en la región; que permitió corroborar las tendencias encontradas en 2006, con respecto al incremento en el rendimiento de

fruto calidad bruce y comercial en todos los tratamientos, con excepción del tratamiento RE, donde se redujo $\frac{1}{2}$ la fórmula de fertilización aplicada tuvo un efecto negativo en el rendimiento y calidad de fruto, al ser el único

significativamente diferente a los demás con sólo 31.7 t ha⁻¹ de melón calidad bruce y 41.7 t ha⁻¹ de fruto calidad comercial. Asimismo, en este año H+F con 50.9 t ha⁻¹ de melón calidad bruce, una vez más fue significativamente superior al testigo (44.2 t ha⁻¹) mientras que el melón calidad comercial el rendimiento de H+F (59.7 t ha⁻¹) fue igual al testigo (56.4 t ha⁻¹) y al resto de los tratamientos (Figura 1).

En 2007 el tratamiento OR aumentó el rendimiento comercial a 62.1 t ha⁻¹, sin ser estadísticamente diferente al testigo. Para este caso se pudo comprobar lo analizado por Padilla *et al.* (2006), quien no encontró efecto de biofertilizantes sobre el rendimiento y calidad de fruto en el sistema de producción con acolchado y fertiriego. No obstante, Bhardwaj (2006), reporta mayor sostenibilidad del rendimiento a largo plazo con biofertilizantes al suelo, que con manejo convencional inorgánico; sin embargo, en esta investigación no se comprobó esta respuesta. El resto de los tratamientos con aplicaciones foliares y complementos nutricionales no tuvieron diferencias con respecto al testigo, pero se observó una tendencia a incrementarse el rendimiento en ambas calidades en los dos años.

En 2007 el rendimiento, tanto del testigo como de los tratamientos fue inferior que en 2006, en ambos años el cultivo no tuvo problemas de plagas o enfermedades, el cultivo se desarrolló normalmente, el efecto benéfico de la aplicación de foliares en rendimiento de fruto calidad bruce y comercial, concuerda con lo encontrado por Nelson *et al.* (1985), que también encontró de 10 a 30% mayor rendimiento de melón tratado con nutrientes foliares, similares a los aquí reportados. Los rendimientos reportados en la presente investigación, son en promedio 20% menores a los reportados por otros autores (Pérez *et al.*, 2004), y similares a los reportados por Ibarra *et al.* (2001); en cambio, comparados con los obtenidos por Bhardwaj (2006), fueron en promedio 20% más altos.

La calidad de fruto dado por la concentración de sólidos solubles (°Bx), no fue afectada por la aplicación de tratamientos foliares (Cuadro 1), en ambos años no se encontró diferencia significativa, ello indica que las aplicaciones foliares tienen posibilidad de incrementar significativamente el rendimiento de fruto calidad bruce

y comercial, pero no el sabor del fruto. En este sentido (Romheld y El-Fouly, 1999), refieren que la fertilización foliar puede incrementar el rendimiento de fruto en hortalizas de zonas áridas o semiáridas, pero tienen poco efecto en la calidad interna del mismo. No obstante, Lester *et al.* (2005), encontraron efecto significativo en la concentración de °Bx en fruto por efecto de la aplicación de foliares en melón Cantaloupe, pero por el contrario, no hubo efecto en rendimiento de fruto.

Respuesta de la aplicación de tratamientos foliares en la nutrición del melón

La concentración de N y P total foliar (g L⁻¹), en las dos fases de desarrollo consideradas, indica que la respuesta a la aplicación de foliares no tuvo efecto en los diferentes tratamientos, excepto por el tratamiento H+F, el cual mostró superioridad estadística en N y P (Figura 2), tanto al inicio de fructificación como en la cosecha. La concentración de K foliar no fue afectada por ningún tratamiento en ambas fechas de muestreo, lo cual es contrario a lo encontrado por Lester *et al.* (2005), quienes encontraron mayor concentración de K total (g L⁻¹) en la cosecha.

En la primera fase de muestreo (inicio de fructificación), con el cultivo en máximo desarrollo y demanda nutrimental, H+F presentó la mayor concentración de N total con 26 g L⁻¹ y fue el único tratamiento significativamente diferente al testigo (23.8 g L⁻¹), mientras que B+F tuvo la más baja concentración con 18.4 g L⁻¹ incluso menor que RE con 22.3 g L⁻¹, el cual debería ser el más bajo por la reducción al 50% de la fertilización con aplicación foliar de biofertilizante. En la segunda fecha de análisis foliar (inicio de cosecha), no se detectó diferencia estadística en N total foliar (g L⁻¹), por efecto de tratamientos, con excepción de RE que mostró la menor concentración total de N (13.8 g L⁻¹), debido posiblemente, a la reducción en la dosis de fertilización.

Referente al fósforo, nuevamente H+F fue significativamente superior al testigo con valores de 1.9 g L⁻¹ en inicio de fructificación y 1.7 g L⁻¹ en inicio de cosecha. En la primera fase de muestreo la aplicación de foliares no tuvo efecto significativo, pero en la segunda fase los tratamientos AO+F (1.7 g L⁻¹) y B+F (1.9 g L⁻¹) al igual que H+F, fueron diferentes.

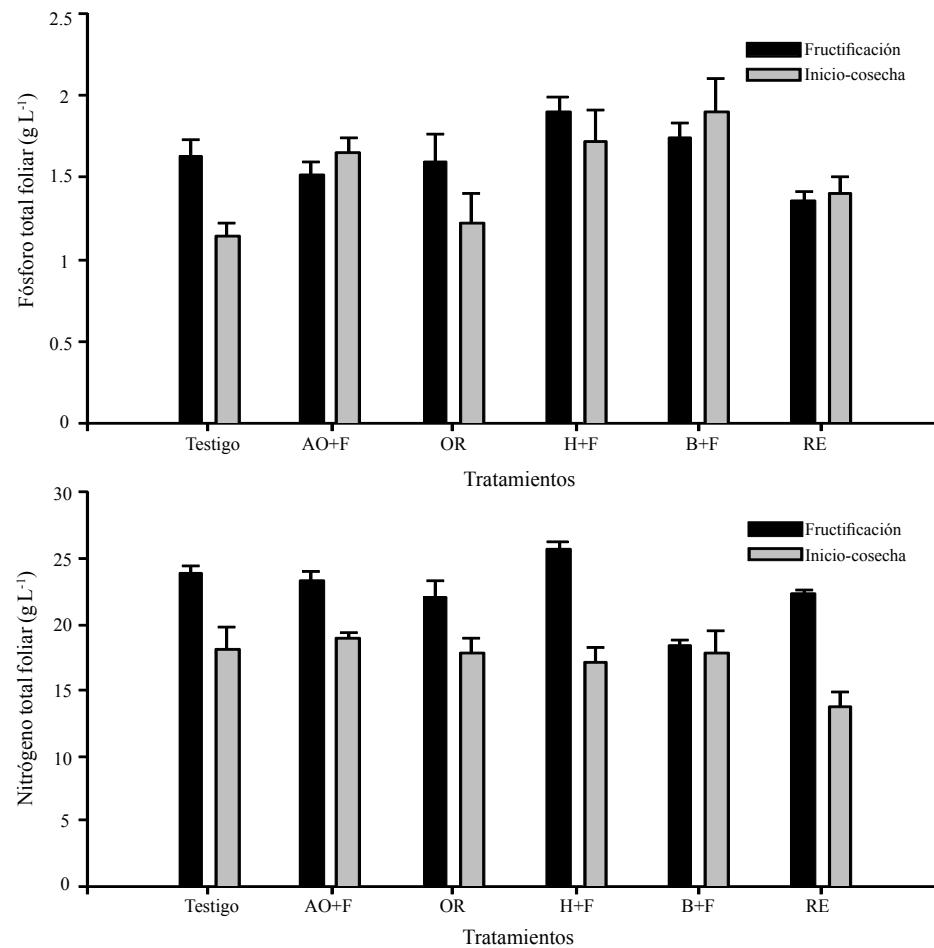


Figura 2. Concentración foliar de nitrógeno y fósforo total (g L⁻¹) en melón con aplicaciones foliares; AO= activadores orgánicos; F= foliares inorgánicos; OR= biofertilizantes; H= hormonales; B= bioactivadores del suelo y RE= reducción 50% del fertilizante usado.

Es notable que las concentraciones de ambos nutrientes en todos los tratamientos, fueron más altas en la fase temprana (inicio de fructificación) que en la fase tardía (inicio de cosecha); debido posiblemente, a la mayor demanda nutrimental por el fruto en crecimiento previo a cosecha (Hochmuth, 1994) y coincide con reportes anteriores de Castellanos *et al.* (1998). Estos resultados indican de acuerdo a Akanbi *et al.* (2007), que las aplicaciones foliares pueden incrementar los niveles nutricionales foliares y favorecer mayor concentración de nutrientes en la hoja, es posible también que el efecto sinérgico de hormonas y activadores del metabolismo más foliares (H+F y AO+F), propicia que H+F en N y P en las dos fechas muestreadas y AO+F y B+F en fósforo en la etapa inicio de cosecha, tengan altos niveles de estos nutrientes en comparación al testigo, y con una mejor condición nutricional podrán desarrollar más

área foliar directamente relacionada con el nitrógeno (Akanbi *et al.*, 2007), y mayor eficiencia del metabolismo a nivel fotosintético directamente relacionada con la disponibilidad de P (Medrano y Flexas, 2004); además, con mayor área foliar se puede sintetizar mayor cantidad de sucrosa en el fruto (Hubbard y Mason, 1990). Estos resultados abren la necesidad de efectuar investigación evaluando posibles cambios en procesos fisiológicos como fotosíntesis o cambios morfológicos foliares, como reportan Thavaprakaash *et al.* (2006) o en otras variables de calidad del fruto como firmeza de pulpa, color de pulpa, tipo de red, tipo de azúcares, etc. (Lester *et al.*, 2005).

Las concentraciones de N y P total foliar observadas, estuvieron más bajas que las reportadas por otros autores, quienes indican que los niveles deben

ser de 45-55 g L⁻¹ en N y de 3-8 g L⁻¹ en P, lo cual puede ser determinante en la ausencia de efectos significativos en °Bx y desarrollo del cultivo como fue determinado por Pérez *et al.* (2004), al incrementar las condiciones nutricionales de este cultivo.

Funciones de respuesta agronómica en melón con aplicación de tratamientos foliares

El efecto del manejo de complementos nutricionales y la fertilización, tuvo limitaciones por el número de variables determinadas y por el número de tratamientos. No obstante, se observó una correlación positiva entre la concentración de K⁺ en ECP en floración y el rendimiento de melón calidad bruce con valores de $r=0.56^*$ y coeficiente de regresión $b=0.031$ ($t=2.5$; $p<0.05$, $n=16$), no se identificaron relaciones significativas entre el resto de las variables evaluadas.

En 2007 los efectos de tratamientos en las variables determinadas, mostraron mayor relación entre el rendimiento de melón calidad bruce y comercial, °Bx en frutos y la biomasa radicular, como variables dependientes y el K⁺ en extracto celular de peciolo (ECP), N total y N-NO₃ en ECP (Cuadro 2), lo cual coincide con lo reportado por Lester *et al.* (2005), quienes encontraron relación significativa entre sólidos solubles y el K foliar. Cabe indicar que estas variables son las de mayor correlación con las variables dependientes; algunas de las variables evaluadas en este trabajo, carecen por completo de respuesta significativa como el P total (g L⁻¹), K total (g L⁻¹) y la longitud de guía (m), ello a pesar de la significancia del P (Cuadro 1) y la importancia del K en este cultivo, el cual es un factor que propicia alto rendimiento de fruto (Farneselli *et al.*, 2006), lo cual no fue observado en esta investigación. Por el contrario, el N evaluado, tanto en base a peso seco como N-NO₃ en ECP, fue el elemento que correlacionó significativamente con el rendimiento de melón calidad bruce (kg ha⁻¹), la biomasa radical y °Bx en fruto.

Cuadro 2. Funciones de respuesta entre rendimiento de fruto (t ha⁻¹), biomasa radical y °Bx en frutos y diferentes variables agronómicas evaluadas en melón con aplicación de tratamientos foliares en el Valle de Apatzingán, Michoacán.

Variables evaluadas	Función	r	N	R ²	Estadístico t de la pendiente
K ⁺ (g L ⁻¹) en ECP en floración 2006	RB= -28.5 + 0.031 K ⁺	0.56*	16	0.32	2.5*
K ⁺ (g L ⁻¹) en ECP en floración 2007	RB = -31.1 + 0.023 K ⁺	0.81 ns	6	0.66	1.9 ns
N total (g L ⁻¹) al inicio de cosecha 2007	RB = 8.9 + 2.1 N	0.64**	24	0.41	3.8**
N total (g L ⁻¹) al inicio de cosecha 2007	PR = 2.2 + 0.643 N	0.91*	6	0.83	4.3*
N-NO ₃ (mg L ⁻¹) al inicio de cosecha 2007	NT= 0.305 + 0.036 N-NO ₃	0.87*	6	0.76	3.6*
N-NO ₃ (mg L ⁻¹) al inicio de cosecha 2007	PR = 8.54 + 0.019 N-NO ₃	0.89*	6	0.79	3.9*
N total (%) al inicio de cosecha 2007	°Bx = 11.0 + 0.16 N	0.81 ns	6	0.66	2.7*
Longitud (L) de la guía principal 2007	RB = -27.2 L + 108.9	0.56 ns	6	0.32	1.3 ns

R= coeficiente de correlación; N= número de datos; * y ** significativo $p<0.05$ y $p<0.01$, respectivamente; NS= no significativo. RB= rendimiento de fruto calidad bruce (t ha⁻¹); PR= peso radical (g planta⁻¹); NT= nitrógeno total (g L⁻¹).

La evaluación en 2007 al inicio de la fructificación del N total foliar (g L⁻¹) y el N-NO₃ en ECP (mg L⁻¹), tienen una correlación significativa con el rendimiento fruto calidad bruce con $r=0.76^{**}$ y $r=0.89^{**}$, respectivamente (Figura 3). Asimismo, el coeficiente R² presenta mayor ajuste en la evaluación de N-NO₃ (0.89) que en la concentración de N total (0.76), la función de la curva permite obtener valores óptimos de concentración de N en esta fase, los cuales son de 23.8 g L⁻¹ de N total y de 642 mg N-NO₃ L⁻¹ en ECP,

para máximo rendimiento de melón calidad bruce. Estos valores en ECP, están 30% por debajo de los óptimos recomendados para el cultivo en ésta etapa de desarrollo (Castellanos *et al.*, 1998), pero son similares a los referidos por Hochmuth (1994) quien indica valores de 700 mg L⁻¹ de N-NO₃ para esta fase de desarrollo en Cantaloupe, asimismo, éstas diferencias pueden ser debidas al cultivar o bien la temporada de muestreo (Badillo *et al.*, 2001).

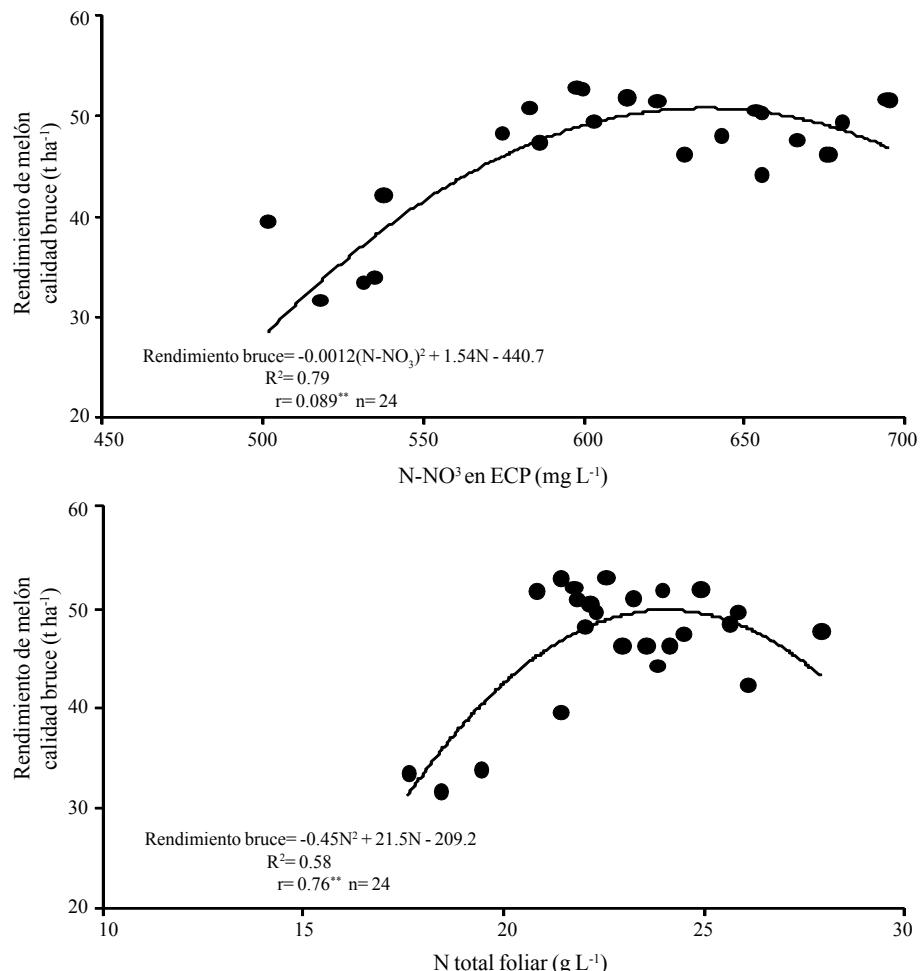


Figura 3. Concentración de nitrógeno foliar total (g L^{-1}) y N-NO_3 (mg L^{-1}), en el extracto celular del pecíolo (ECP) al inicio de la fructificación en melón calidad bruce.

El N foliar total (g L^{-1}), evaluado al inicio de la cosecha tuvo una correlación positiva con la producción melón calidad bruce con $r = 0.64^{**}$ ($n = 24$) y pendiente (b) = 2.1 ($t = 3.8^{**}$), también con la biomasa radical (g planta^{-1}) con $r = 0.91^*$ y $b = 0.643$ ($t = 4.3^*$). La concentración de N-NO_3 en ECP, evaluada al inicio de la cosecha, correlaciona la biomasa radical con $r = 0.89^*$ y pendiente = 0.019 ($t = 3.9^*$). Estas dos relaciones de carácter positivo pueden ser claves en el establecimiento de programas de nutrición del melón, con efecto en la concentración de N en la fase de inicio de cosecha para obtener una mayor biomasa radical, y mayor capacidad del cultivo en absorber nutrientes, para satisfacer la alta demanda por los frutos en formación y próximos a cosecha.

La concentración de azúcares en fruto ($^{\circ}\text{Bx}$), no tuvo relación significativa con ninguna variable evaluada.

Cabe hacer mención que esta variable ($^{\circ}\text{Bx}$), es un factor determinante en la calidad y es importante en la aceptación del fruto por el consumidor (Lester, 1990). Otra relación determinada en esta investigación es que la concentración de N total foliar (g L^{-1}) puede ser estimada con la medición *in situ* de N-NO_3 , ambas al inicio de la cosecha con $r = 0.87^*$ y $b = 0.036$ ($t = 3.6^*$). N-NO_3 evaluado al inicio de la cosecha, mostró alta correlación con la biomasa radicular con $r = 0.91^*$ y $b = 0.643$ ($t = 4.3^*$). Se puede notar que la correlación significativa entre las variables N total foliar y N-NO_3 en ECP, con las variables dependientes ya mencionadas, siempre fue en la fase de inicio de cosecha, mientras que en las demás fases evaluadas, como inicio de floración e inicio de formación de fruto, no se detectaron correlaciones significativas.

CONCLUSIONES

Las aplicaciones de complementos nutricionales y activadores del metabolismo en melón fertirrigado y acolchado, incrementan de manera significativa el rendimiento de fruto calidad bruce y la condición nutricional de la hoja en N y P total (g L⁻¹).

Existe correlación significativa del N foliar total (g L⁻¹), N-NO₃ (mg L⁻¹) y K⁺ (mg L⁻¹) con el rendimiento de melón calidad bruce.

Es posible estimar la concentración de N foliar total (g L⁻¹) con base en las lecturas de N-NO₃ (mg L⁻¹).

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), la Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentación (SAGARPA) y a los productores de fresa, melón y tomate de Michoacán, por el financiamiento del presente trabajo.

LITERATURA CITADA

Akanbi, B. W.; Adebayo, T. A.; Togun, O. A.; Adeyeye, A. S. and Olaniran, O. A. 2007. The use of compost extract as foliar spray nutrient source and botanical insecticide in *Telfairia occidentalis*. World Journal of Agricultural Sciences. 3(5):642-652.

Arias, S. F.; Alcántar, R. J. J.; Tapia, V. M. y Vega, P. 1994. Validación comercial de un manejo integrado de organismos dañinos en la producción de melón en Michoacán, México. Rev. Mex. de Fitopatol. 12:155-161.

Badillo, T. V.; Castellanos, R. J. Z.; Sánchez, G. P.; Galvis, S. A.; Alvarez, S. E.; Uvalle, B. X.; González, E. D. y Enríquez, R. S. A. 2001. Niveles de referencia de nitrógeno en tejido vegetal de papa variedad Alpha. Agrociencia. 35:615-623.

Bhardwaj, L. H. 2006. Muskmelon and sweet corn production with legume cover crops. Hort Sci. 41:1101-1366.

Castellanos, R. J. Z.; Uvalle, B. X. y Aguilar, S. A. 1998. Manual de interpretación de análisis de suelos y agua. INCAPA. Celaya, Guanajuato. 226 p.

Farneselli, M.; Simonne, E.; Studstill, D. and Tei, F. 2006. Washing and/or cutting petioles reduces nitrate nitrogen and potassium sap concentrations in vegetables. J. Plant Nutr. 29(11):1975-1982.

Hernández, M. J.; García, S. J. A.; Mora, F. J. J.; García, M. R.; Valdivia, A. R. y Portillo, V. M. 2006. Efectos de la eliminación de aranceles sobre las exportaciones de melón (*Cucumis melo* L.) de México a los Estados Unidos. Agrociencia. 40:395-407.

Hochmuth, G. J. 1994. Sufficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick tests. Hort Technol. 4:218-222.

Hubbard, H. N. and Mason, D. P. 1990. Sucrose metabolism in ripening muskmelon fruit as affected by leaf area. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115:704-869.

Ibarra, L.; Flores, J. and Díaz, P. J. L. 2001. Growth and yield of muskmelon in response to plastic mulch and row covers. Scientia Horticulturae. 87(1):139-145.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1995. Síntesis geográfica de Michoacán, México. 225 p.

Lester, E. G. 1990. Sensory analyses of netted muskmelon fruit quality and preference. Hort Sci. 25:1002-1185.

Lester, E. G.; Jifon, J. L. and Rogers, G. 2005. Supplemental foliar potassium applications during muskmelon fruit development can improve fruit quality, ascorbic acid, and beta-carotene contents. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 130:487-653.

Medrano, H. y Flexas, J. 2004. Respuestas de las plantas al estrés hídrico. In: la ecofisiología vegetal: una ciencia de síntesis. Reigosa, M. J.; Pedrol, N. y Sánchez, M. A. (eds). Thomson, España. 253-286 pp.

Mellado, V. A.; Sánchez, G. P.; Volke, H. V. y Tapia, V. M. 2005. Respuesta del papayo al riego y la fertilización en un vertisol. Terra. 23:137-144.

Mora, R. G. S.; Sandoval, V. M.; Gavi, R. F. y Sánchez, G. P. 2006. Emisión de N₂O con fertilización nitrogenada en fertiriego y fertilización convencional. Rev. Int. Contam. Ambient. 21(1):23-29.

Nelson, H.; Giskin, M. and Edelstein, M. 1985. Foliar nutrition of muskmelon: II. Field experiments. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 16:1165-1177.

Padilla, E.; Esqueda, M.; Sánchez, A.; Troncoso, R. R. y Sánchez, A. 2006. Efecto de biofertilizantes en cultivo de melón con acolchado plástico. Rev. Fitotéc. Méx. 29(4):321-329.

Pérez, Z. O.; Cigales, R. M.; Orozco, S. M. y Pérez, C. E. G. 2004. Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en melón Cantaloupe. Parte II. Agrociencia. 38:261-272.

Reuveni, R. and Reuveni, M. 1998. Foliar-fertilizer therapy a concept in integrated pest management. Crop Protection. 17(2):111-118.

Romheld, V. and El-Fouly, M. 1999. Foliar nutrient application: Challenges and limits in crop production. Proceedings of the 2nd international workshop on foliar fertilization. Fertilizer Society of Thailand. Bangkok, Thailand. 167-172 pp.

Savithri, P.; Peruma, R. and Nagarajan, R. 1998. Soil and crop management technologies for enhancing rice production under micronutrient constraints. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 53(1):83-92.

Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2007. Sistema de Información Agrícola y Pecuaria (SIAP). Estadísticas por estado. SAGARPA. México. 155 p.

Shi, Q.; Bao, A.; Zhu, Z.; Ying, Q. and Qian, Q. 2006 Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. Plant Growth Regulation. 48(2):127-135.

Stapleton, J. J. and Summers, C. G. 2002. Reflective mulches for management of aphids and aphidborne virus diseases in late-season cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. *cantalupensis*). Crop Protection. 21(10):891-898.

Steel, G. D. R. y Torrie, J. H. 1988. Bioestadística. Principios y procedimientos. Mc Graw Hill. México. 622 p.

Tapia, V. L. M.; Rico, P. H.; Sanchez, G. P.; Vidales, F. J. A.; Vidales, F. I.; Aguirre, P. S.; Chavez, C. X. y Castellanos, R. J. Z. 2006. Fertirrigación tecnología práctica para aplicaciones en agricultura intensiva. INIFAP-SEDAgro. Uruapan, Michoacán. Manual técnico. Núm. 3. 70 p.

Thavaprakaash, N.; Velayudham, K. and Panneerselvam, S. 2006. Foliar nutrition of baby corn (*Zea mays* L.) Archives of Agronomy and Soil Sci. 52(4):419-425.

Van Pelt, R. S. and Popham, T. W. 2007. Substituted tertiary amine plant bioregulators affect yield and pigment content of paprika. J. Vegetable Sci. 12(3):63-71.

Watanabe, K.; Nishihara, E.; Watanabe, S.; Tanaka, T.; Takahashi, K. T. and Takeuchi, Y. 2006. Enhancement of growth and fruit maturity in 2-year-old grapevines cv. Delaware by 5-aminolevulinic acid. Plant Growth Regulation. 49(1):35-42.