

CRECIMIENTO, ACUMULACIÓN DE MACRONUTRIENTES Y PRODUCCIÓN DE MELÓN CANTALOUPO Y AMARILLO¹

JUAN WALDIR MENDOZA-CORTEZ^{2*}, ARTHUR BERNARDES CECÍLIO FILHO³, LEILSON COSTA GRANGEIRO⁴, FÁBIO HENRIQUE TAVARES DE OLIVEIRA⁵

RESUMEN - Fueron conducidos dos experimentos individuales en el municipio de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brazil. Se empleó dos cultivares de melón, 'Olimpic express' (del tipo Cantaloupe) e 'Iracema' (del tipo Amarillo), para evaluar el crecimiento y la acumulación de macronutrientes, bajo el diseño de bloques al azar con siete tratamientos (épocas de muestreo) y tres repeticiones. Los muestreos de plantas fueron realizados a los 14, 21, 28, 35, 42, 49 y 56 días después del trasplante (DDT). El crecimiento fue lento hasta 28 DDT en ambos cultivares evaluados, intensificándose en el periodo siguiente, alcanzando a los 56 DDT, 246.4g planta⁻¹, en 'Olimpic express', y 266.9 g planta⁻¹, en 'Iracema', siendo la materia seca (MS) de los frutos correspondientes a 60% y 64% de la MS total, respectivamente. Mayores acumulaciones de N, P y K fueron obtenidos en los frutos, mientras de Ca, Mg y S en las hojas. Al final del ciclo, en 'Olimpic express', cuya productividad fue de 32 t ha⁻¹, fueron acumulados 173.4, 110.1, 101.1, 26.9, 15.6 y 13.5 kg ha⁻¹ de K, Ca, N, Mg, S y P, respectivamente, y en 'Iracema', cuya productividad fue de 38 t ha⁻¹, fueron acumulados 136.0, 93.9, 84.1, 22.6, 15.4 y 9.5 kg ha⁻¹ de K, N, Ca, Mg, S y P, respectivamente. En relación al total acumulado, las exportaciones de N, P, K, Ca, Mg y S en los frutos fueron de 61, 73, 66, 9, 35 y 39% ('Olimpic express') y 58, 70, 55, 6, 33 y 41% ('Iracema'). Con una menor producción de frutos y una mayor acumulación de nutrientes, 'Olimpic express' ha demostrado ser menos eficiente en el uso de nutrientes que 'Iracema'.

Palabras-clave: Absorción de nutrientes. *Cucumis melo*. Cultivares. Nutrición de plantas.

CRESCIMENTO, ACÚMULO DE MACRONUTRIENTES E PRODUÇÃO DO MELOEIRO CANTALOUPE E AMARELO

RESUMO - Foram conduzidos dois experimentos individuais no município de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. Foram utilizadas duas cultivares de melão, 'Olimpic express' (tipo Cantaloupe) e 'Iracema' (tipo Amarelo), para avaliação do crescimento e acúmulo de macronutrientes, sob delineamento de blocos casualizados, com sete tratamentos (épocas de amostragens) e três repetições. As amostragens de plantas foram realizadas aos 14, 21, 28, 35, 42, 49 e 56 dias após o transplante (DDT). O crescimento foi lento até 28 DDT, em ambas cultivares avaliadas, intensificando-se no período seguinte, atingindo, aos 56 DDT, 246,4 g planta⁻¹, na 'Olimpic express', e 266,9 g planta⁻¹, na 'Iracema', sendo a matéria seca (MS) dos frutos correspondente a 60% e 64% da MS total, respectivamente. Maiores acúmulos de N, P e K, foram obtidos nos frutos, enquanto de Ca, Mg e S, nas folhas. No final do ciclo, na 'Olimpic express', cuja produtividade foi de 32 t ha⁻¹, foram acumulados 173,4; 110,1; 101,1; 26,9; 15,6 e 13,5 kg ha⁻¹ de K, Ca, N, Mg, S e P, respectivamente, e na 'Iracema', cuja produtividade foi 38 t ha⁻¹, foram acumulados 136,0; 93,9; 84,1; 22,6; 15,4 e 9,5 kg ha⁻¹ de K, N, Ca, Mg, S e P, respectivamente. Em relação ao total acumulado, as exportações de N, P, K, Ca, Mg e S nos frutos foram de 61; 73; 66; 9; 35 e 39% ('Olimpic express') e 58; 70; 55; 6; 33 e 41% ('Iracema'). Com menor produção de frutos e maior acumulação de nutrientes, 'Olimpic express' demonstrou ser menos eficiente no uso de nutrientes que 'Iracema'.

Palavras-chave: Absorção de nutrientes. *Cucumis melo*. Cultivares. Nutrição de plantas.

*autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 25/01/2013; aceito em 18/06/2014.

Parte da tese de doutorado do primeiro autor.

²Pós-graduando em Agronomia (Produção Vegetal), FCAV/UNESP, 14884-900, Jaboticabal-SP; invic64@hotmail.com.

³Departamento de Produção Vegetal, FCAV/UNESP, 14884-900, Jaboticabal-SP; rutra@fcav.unes.br.

⁴Departamento de Ciências Vegetais, UFRSA, 59625-900, Mossoró-RN; leilson@ufersa.edu.br.

⁵Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, UFRSA, 59625-900, Mossoró-RN; fabio@ufersa.edu.br.

INTRODUCCIÓN

En el año 2012, fueron producidos en Brasil 575 386 toneladas de melón en 22 789 ha (FAO, 2014). Entre los principales productores están los Estados de Rio Grande do Norte y Ceará, que juntos representan 83.4% de la producción brasileña (IBGE, 2014).

El melón (*Cucumis melo* L.) es una de las principales hortalizas producidas en el semiárido norestino, siendo destinado principalmente para exportación a países de la comunidad europea (SECEX, 2011).

En la región semiárida, la producción intensiva de melón está en continuo crecimiento, debido a las condiciones climáticas favorables para su desarrollo. En este proceso, el consumo de fertilizantes es alto, lo que puede provocar entre otros efectos negativos, la salinización del suelo y la contaminación de las aguas subterráneas (PEOPLES et al., 2004; FA-GERIA, 2009).

Por lo tanto, conocer el crecimiento y desarrollo del melón, la extracción y distribución de nutrientes en los tejidos y en las diferentes etapas fenológicas de la planta, así como las épocas de mayor demanda de nutrientes, son informaciones importantes que contribuyen para mejorar la planificación y la eficiencia de la fertilización del cultivo.

Fueron realizados trabajos sobre el crecimiento y acumulación de nutrientes en diferentes cultivares de melón (RINCON et al., 1998; RODRÍGUEZ; PIRE, 2004; BERTSCH, 2005; SILVA JÚNIOR et al., 2006; KANO et al., 2010; MELO et al., 2013), bajo diferentes condiciones de cultivo, encontrándose demandas nutricionales distintas.

La combinación de factores como el potencial genético de la planta y la etapa de desarrollo, así como de los factores climáticos (temperatura, luz, precipitación pluvial) y condiciones del suelo (humedad, salinidad, acidez, aireación), contribuyen para las diferencias en las tasas de crecimiento y acumulación de materia seca, así como sobre la absorción y la acumulación de nutrientes (BERTSCH, 2003). Consecuentemente, existe la necesidad de evaluar la demanda de nutrientes de los diferentes cultivares existentes en el mercado, en su específica región de cultivo, debido a la aparición de genotipos más eficientes en absorber y/o utilizar los nutrientes.

En ese contexto, el objetivo de este trabajo fue cuantificar el crecimiento, la acumulación de macronutrientes y la producción de dos cultivares de melón, 'Olimpic express' (tipo Cantaloupo) e 'Iracema' (tipo Amarillo).

MATERIAL Y MÉTODOS

Fueron hechos dos experimentos, del 29 de setiembre al 3 de diciembre de 2010, en la hacienda

experimental "Rafael Fernandes" de la Universidad Federal Rural del Semiárido, en Mossoró, Rio Grande del Norte, Brazil, localizada a 5°03'37" S, 37° 23'50" W, y altitud de 72 m.

Se utilizó el suelo clasificado como Aridic-Kandiustalf (SOIL SURVEY STAFF, 1992), que en el análisis realizado antes del plantío tenía las siguientes características: pH = 6.2; materia orgánica = 1.9 g dm⁻³; P_(Mehlich-1) = 6.7; K = 80.7 mg dm⁻³; Na = 16.7 mg dm⁻³; Ca = 21 mmolc dm⁻³; Mg = 8 mmolc dm⁻³; Al = 0 mmolc dm⁻³; H + Al = 5 mmolc dm⁻³; suma de bases = 31.8 mmolc dm⁻³; capacidad de intercambio catiónico = 36.8 mmolc dm⁻³; saturación de bases = 87%; sodio trocable = 2%; arena = 820 g kg⁻¹; limo = 40 g kg⁻¹ y arcilla = 140 g kg⁻¹. De acuerdo con la clasificación de Köppen (1948), el clima de la región es del tipo BShw', caracterizado por altas temperaturas y semiaridez. Durante el período experimental, no hubo precipitación pluvial, y las medias de las temperaturas máxima, mínima y media fueron 32.8°C, 20.8°C y 26.3°C, respectivamente, y las medias de las humedades relativas máxima, mínima y media fueron 81.5%, 35.5% y 62.8%, respectivamente.

Cada experimento correspondió a un cultivar, siendo 'Olimpic express', del tipo Cantaloupo (*Cucumis melo* var. *Cantalupensis* Naud.) e 'Iracema', del tipo Amarillo (*Cucumis melo* var. *inodorus* Naud.). Las plántulas de los cultivares de melón, fueron producidas en bandejas de polipropileno con 200 celdas de capacidad, utilizándose el sustrato comercial Plantmax HA[®]. El período de formación de las plántulas fue de 10 días, siendo trasplantadas el 08-10-2010. El distanciamiento utilizado fue de 2 m entre hileras y 0.3 m entre plantas, haciendo una población equivalente a 16667 plantas por hectárea.

La preparación del suelo fue hecho con arado y gradeo, con posterior abertura de surcos, donde fue aplicado 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ como superfosfato triple. No se hizo el encalado debido a la elevada saturación por bases del suelo (87%). Posteriormente, los surcos de plantío fueron cubiertos con una película de polietileno de baja densidad, de color plata, para controlar las malezas y mantener la humedad del suelo. A los 5 días después del trasplante (DDT), en cada línea de cultivo, se colocaron microtúneles de polipropileno de color blanco (15 g m⁻²), para evitar el ataque de plagas, especialmente de *Liriomiza* spp. Los microtúneles fueron retirados a los 20 DDT. Además, el control de plantas dañinas entre las líneas de cultivo fue hecho manualmente, cuando fue necesario. También se hizo el control de plagas y enfermedades utilizándose productos registrados para el cultivo.

En cada línea de plantío, el riego fue realizado diariamente por goteros (1.5 L h⁻¹) distanciados a 0.3 m. Se aplicaron 30% y 70% del total (3367 m³ ha⁻¹), en los períodos de 2 a 35 DDT y de 36 a 63 DDT, respectivamente. En fertirrigaciones, fueron aplica-

dos en cada experimento: N = 118 kg ha⁻¹, K = 146 kg ha⁻¹, Ca = 19 kg ha⁻¹, Mg = 13 kg ha⁻¹, S = 38 kg ha⁻¹, B = 730 g ha⁻¹, Cu = 4 g ha⁻¹, Fe = 28 g ha⁻¹, Mn = 26 g ha⁻¹, Mo = 0.3 g ha⁻¹ y Zn = 37 g ha⁻¹. En el período de 2 a 30 DDT y de 31 a 63 DDT, fueron aplicados 30% y 70% de N y K, respectivamente. La dosis de Ca fue parcelada y aplicada de 12 a 40 DDT, en cantidades iguales, mientras las dosis de Mg y S fueron aplicadas de 18 a 41 DDT. El boro fue aplicado dos veces, a los 28 y 33 DDT, y los demás micronutrientes fueron aplicados a los 19 DDT. Los fertilizantes utilizados fueron urea (45% N), cloruro de potasio (60% de K₂O), nitrato de potasio (13% de N y 46% de K₂O), nitrato de calcio (15.5% de N y 27% de CaO), sulfato de magnesio (32.5% de SO₄²⁻ y 16% de MgO), ácido bórico (17% de B) y un fertilizante comercial quelatizado que tenía en su composición 2.1% de B, 0.36% de Cu, 2.66% de Fe, 2.48% de Mn, 0.036% de Mo y 3.38% de Zn, además de 11.6% de K₂O; 0.86% de Mg y 1.28% de S.

Los experimentos fueron hechos en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y siete épocas de muestreo. Las colectas de las plantas se iniciaron a los 14 DDT y se realizaron cada siete días, totalizando siete colectas (14, 21, 28, 35, 42, 49 y 56 DDT). Se colectaron tres plantas por repetición y por época de muestreo, para cada cultivar. En el laboratorio, las plantas fueron divididas en tallos, hojas y frutos. Estas partes se lavaron en agua corriente, agua desionizada con detergente (1 mL L⁻¹) y agua desionizada, en ese orden, y se secaron en una estufa con circulación forzada de aire a 65°C, hasta alcanzar peso constante. Después del secado, esas partes fueron pesadas, seguidamente fueron molidas para determinar las concentraciones de N, P, K, Ca, Mg y S (BATAGLIA et al., 1983). En base al peso de la materia seca y de la concentración de macronutrientes del tallo, hojas y frutos, fueron calculados las cantidades de nutrientes acumulados en cada parte.

El inicio de la floración y fructificación fueron caracterizadas cuando el 51% de las plantas tenían flores abiertas y cuando los primeros frutos estaban con 2 a 3 cm de diámetro. Se efectuó la evaluación del estado nutricional de acuerdo con Trani y Raij (1997).

La cosecha fue única en el experimento con el cultivar 'Iracema', y se realizó el 09-12-2010, seis días después de la última colecta de plantas. En el cultivar 'Olimpic express' fueron realizadas dos cosechas, el 5-12-2010 y 10-12-2010, dos y siete días después de la última colecta de plantas, respectivamente. La productividad comercial fue obtenida sumándose la masa de frutos que no tenían rajaduras, pudriciones, hendiduras y no eran inmaduros, deformes, pasados y que además no estaban desprovistos de su característica visual, propia de cada cultivar, es decir, con cáscara de color amarillo para 'Iracema' y verde pálido con retículas para 'Olimpic express'.

Para representar los datos de crecimiento y acumulación de nutrientes, fue utilizada la función logística:

$$Y = A / (1 + e^{(-K(X - X_c))})$$

propuesto por Verhulst (1838), donde: Y=valor medio de la característica evaluada; A=máximo asintótico (cantidad máxima); K=tasa media de incremento de la cantidad acumulada; X=tiempo (días); X_c=tiempo necesario para alcanzar la mitad de la cantidad máxima, empleándose el programa Origin v. 6.1 (MICROCAL SOFTWARE, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El crecimiento de las plantas de los dos cultivos de melón, expresado por la acumulación de materia seca (MS) durante el ciclo, fue lento hasta 28 DDT (Figura 1).

La floración comenzó a los 20 y 18 DDT en 'Olimpic express' e 'Iracema', respectivamente, terminando la etapa vegetativa. En este punto del ciclo, en 'Olimpic express', la MS de tallos y hojas fue de 0.63 g planta⁻¹ y 9.6 g planta⁻¹, respectivamente, representando el 10% y 14% de lo que fue acumulado en estas partes al final del ciclo. En 'Iracema', también en el inicio de la floración, las cantidades acumuladas de MS en los tallos (0.81 g planta⁻¹), y en las hojas (5.9 g planta⁻¹), correspondieron a 3% y 9% del total acumulado por estas partes de la planta.

A los 35 DDT, cuando comenzó la fructificación en el melón 'Olimpic express', la MS de tallos y hojas aumentó a 15.6 g planta⁻¹ y 24.1 g planta⁻¹, correspondiendo al 59% y 35%, respectivamente, de sus máximos acumulados durante el ciclo. En 'Iracema', la fructificación ocurrió a los 33 DDT, y la MS de tallos (21.3 g planta⁻¹) y hojas (36.4 g planta⁻¹), representaron 74% y 55% de lo que fue acumulado en estos tejidos durante el ciclo. En esa época, de acuerdo con el análisis foliar, se constató que las concentraciones foliares de N, P, K, Ca, Mg y S fueron 45.6, 2.9, 30.5, 27.1, 6.6 y 5.6 g kg⁻¹ en 'Olimpic express', y 41.3, 2.7, 36.3, 25.8, 7.0 y 6.4 g kg⁻¹, en 'Iracema'. Según Trani y Raij (1997), los niveles adecuados de macronutrientes en la hoja deben ser: N = 25 - 50 g kg⁻¹, P = 3 - 7 g kg⁻¹, K = 25 - 40 g kg⁻¹, Ca = 25 - 50 g kg⁻¹, Mg = 5 - 12 g kg⁻¹ y S = 2 - 3 g kg⁻¹. Las concentraciones foliares de los macronutrientes observados en los dos cultivos evaluados, están dentro de los rangos de suficiencia propuestos por esos autores, excepto las concentraciones foliares de P (están ligeramente por debajo del límite inferior del rango establecido) y S (son mayores al rango propuesto).

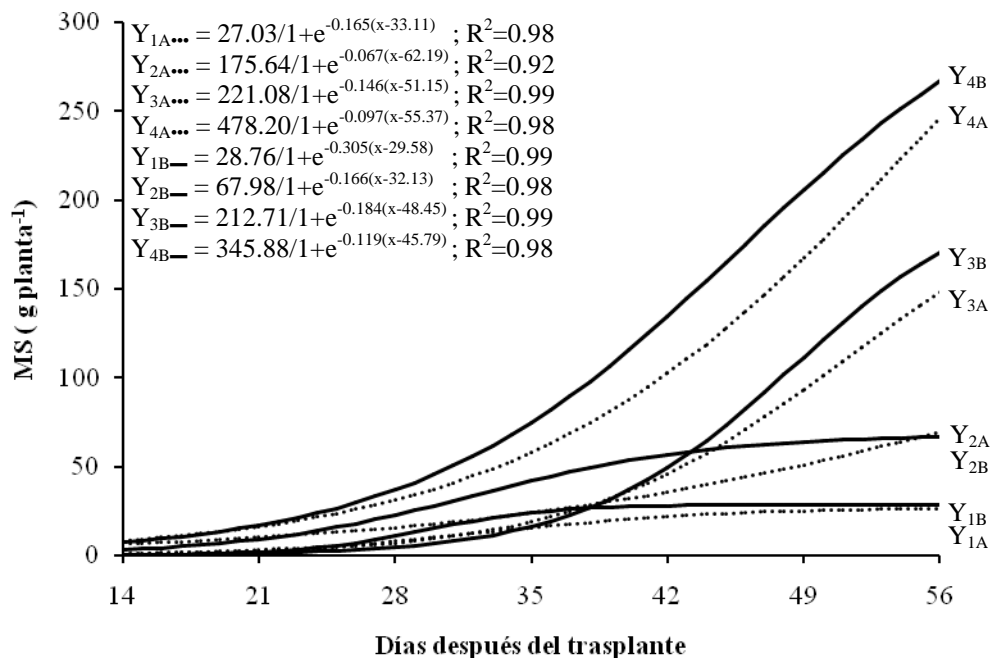


Figura 1. Acumulación de materia seca (MS) en los tallos (Y₁), hojas (Y₂), frutos (Y₃) y total (Y₄) de los cultivares de melón, ‘Olimpicexpress’ (A) e ‘Iracema’ (B), durante su ciclo.

En ‘Olimpic express’, la partición de MS predominó en los tallos y hojas hasta 32 y 38 DDT, respectivamente, diferentemente del melón ‘Iracema’, en el que predominó hasta 37 y 43 DDT. En los períodos posteriores hubo mayor acumulación de MS en los frutos, convirtiéndose en los vertederos preferenciales en ambos cultivares, en esta fase del ciclo.

Fue observado una mayor acumulación de MS total de 28 a 56 DDT en ambos cultivares de melón (Figura 1). ‘Olimpic express’ e ‘Iracema’ acumularon en ese período 215.6 g planta⁻¹ y 229.6 g planta⁻¹, con tasas de 7.7 g planta⁻¹ día⁻¹ y 8.2 g planta⁻¹ día⁻¹, respectivamente. Sólo en los frutos, durante ese período, la acumulación de MS fue de 141 g planta⁻¹ en ‘Olimpic express’ y 166 g planta⁻¹ en ‘Iracema’, equivalentes a 57% y 62%, respectivamente, del total acumulado por los cultivares.

Por lo tanto, en la etapa reproductiva, el melón tuvo una mayor acumulación de MS en todas las partes de la planta, principalmente en los frutos. Al final del ciclo, 56 DDT, la partición de MS en ‘Olimpic express’ fue de 26.4 g planta⁻¹ en tallos (11%), 69.7 g planta⁻¹ en hojas (28%) y 148.2 g planta⁻¹ en frutos (60%) del total acumulado en la planta. En el melón ‘Iracema’, se verificó 28.8 g planta⁻¹ en los tallos, 66.7 g planta⁻¹ en las hojas y 170.5 g planta⁻¹ en los frutos, representando 11%, 25% y 64% del total acumulado en la planta (Figura 1).

La participación de los frutos en la MS total del melón, varía de 54% a 73% (RINCON et al., 1998; COSTA et al., 2006; MELO et al., 2013), lo que puede explicarse por las diferencias en el cultivar utilizado, en el manejo del suelo y del cultivo

(fertilización, sistema de riego, tratos culturales, época de cultivo, sistema de producción) y por factores climáticos (épocas de cultivo).

El ciclo de ‘Iracema’ fue de 72 días, con productividad comercial y total de 30 y 38 t ha⁻¹. En ‘Olimpic express’, el ciclo fue de 73 días, con productividad comercial y total de 24 y 32 t ha⁻¹. Los ciclos de ambos cultivares fueron similares a los ciclos de otros cultivares del tipo Amarillo y Cantaloupo (entre 70 y 81 días después de la siembra), cuando son cultivados en la misma región del experimento (CRISÓSTOMO et al., 2002; NEGREIROS et al., 2005; MEDEIROS et al., 2006; TEMÓTEO et al., 2010; DAMASCENO et al., 2012), y precoces en relación a la producción de melón en la región sureste y sur del Brazil, cuyos ciclos varían de 90 a 120 días (COSTA et al., 2006; KANO et al., 2010; MELO et al., 2013). La precocidad se debe a la ocurrencia de mayores temperaturas en la región noreste del Brazil, favorables para el cultivo del melón (CRISÓSTOMO et al., 2002).

Fue similar la dinámica de acumulación de N en los tallos de ambos cultivares de melón, durante el período de evaluación (Figura 2). En esta parte de la planta, se constató que la acumulación más expresiva de N ocurrió hasta aproximadamente 35 DDT, estabilizándose a partir de ese período hasta el final del ciclo. En los frutos de ambos cultivares, también hubo una dinámica similar de acumulación de N, hasta aproximadamente 45 DDT. A partir de ahí, se observó un ligero incremento de la acumulación de ese nutriente en ‘Olimpic express’.

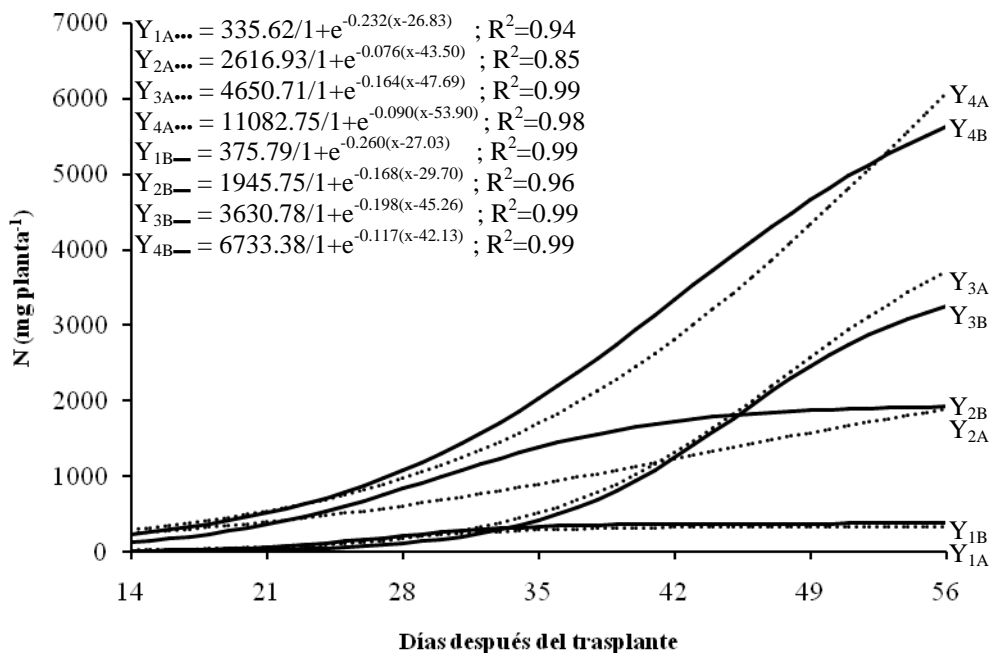


Figura 2. Acumulación de nitrógeno (N) en los tallos (Y₁), hojas (Y₂), frutos (Y₃) y total (Y₄) de los cultivares de melón, ‘Olimpic express’ (A) e ‘Iracema’ (B), durante su ciclo.

Por otro lado, fue diferente la dinámica de acumulación de N en las hojas de ambos cultivares. Mientras en ‘Iracema’ se tuvo una acumulación continua hasta aproximadamente 42 DDT, estabilizándose después de ese período hasta la última colecta, en ‘Olimpic express’, la acumulación de N fue creciente hasta el final del ciclo. Es importante la acumulación de N en las hojas, ya que este nutriente es responsable por diversas funciones relacionadas a la fotosíntesis, respiración, absorción iónica de otros nutrientes, crecimiento y diferenciación celular, desarrollo y actividades de las raíces (MALAVOLTA, 2006). Por lo tanto, habrá un mayor crecimiento del área foliar, absorción de radiación, agua y nutrientes, lo que favorece una mayor producción de MS, aumentando el potencial para la producción de frutos.

Hubo una mayor acumulación de N hasta 29 DDT en los tallos, y hasta 41 DDT en las hojas, que en los frutos de ‘Olimpic express’. En ‘Iracema’, hubo una mayor acumulación de N hasta 33 y 45 DDT, en los tallos y hojas, respectivamente, en relación a los frutos. A partir de esas épocas, la acumulación de N en los frutos fue superior a las otras partes de la planta en ambos cultivares (Figura 2).

Se observó una mayor demanda de N total entre 28 y 56 DDT en ambos cultivares, coincidiendo con el período de mayor acumulación de MS en la planta. Durante ese período, ‘Olimpic express’ e ‘Iracema’ acumularon 5091.5 mg planta⁻¹ y 4560.6 mg planta⁻¹ de N, correspondiendo a los frutos 58% y 56%, respectivamente, del total acumulado por la planta.

Al final del ciclo, en ‘Olimpic express’, la acumulación de N en tallos y hojas fueron 335.2 mg planta⁻¹ y 1889.9 mg planta⁻¹, respectivamente, y en ‘Iracema’ fueron 375.6 mg planta⁻¹ y 1923.1 mg

planta⁻¹. Sin embargo, la mayor acumulación de N se observó en los frutos, siendo 3703.9 mg planta⁻¹ en ‘Olimpic express’ y 3246.5 mg planta⁻¹ en ‘Iracema’, significando 61% y 58%, respectivamente, del total que fue acumulado en la planta. Rincon et al. (1998), Rodríguez y Pire (2004) y Melo et al. (2013), verificaron que el N en los frutos de melón, correspondieron a 61.2%, 51.5% y 57.7%, respectivamente, de los totales acumulados por la planta, siendo próximos a los constatados en este trabajo.

Así como fue verificado para el N, la acumulación de P en los tallos de ambos cultivares de melón fueron similares a lo largo del ciclo. Diferentemente, la acumulación de P en las hojas y frutos de ‘Olimpic express’ fue creciente, en comparación con ‘Iracema’ (Figura 3).

La acumulación de P en los frutos superó lo acumulado en los tallos y hojas, en ‘Olimpic express’, a partir de 26 y 32 DDT, respectivamente, mientras en ‘Iracema’, ese hecho ocurrió después de 32 y 38 DDT.

Hubo un aumento significativo de la acumulación total de P en el período de 28 a 56 DDT, en ‘Olimpic express’, y de 28 a 49 DDT en ‘Iracema’, siendo de 691.7 mg planta⁻¹ y 403.3 mg planta⁻¹, respectivamente. En ese intervalo, los frutos del melón ‘Olimpic express’ e ‘Iracema’ acumularon 547.2 mg planta⁻¹ y 331.4 mg planta⁻¹ de P, respectivamente, significando 68% y 58% del total acumulado por la planta (Figura 3).

Al final del ciclo, la acumulación de P en los tallos y hojas fueron de 40.3 mg planta⁻¹ y 174.9 mg planta⁻¹ en ‘Olimpic express’, y de 39.8 mg planta⁻¹ y 135.4 mg planta⁻¹ en ‘Iracema’, respectivamente. Los frutos acumularon 587.1 mg planta⁻¹ y 398.4 mg planta⁻¹ de P en ‘Olimpic express’ e ‘Iracema’, res-

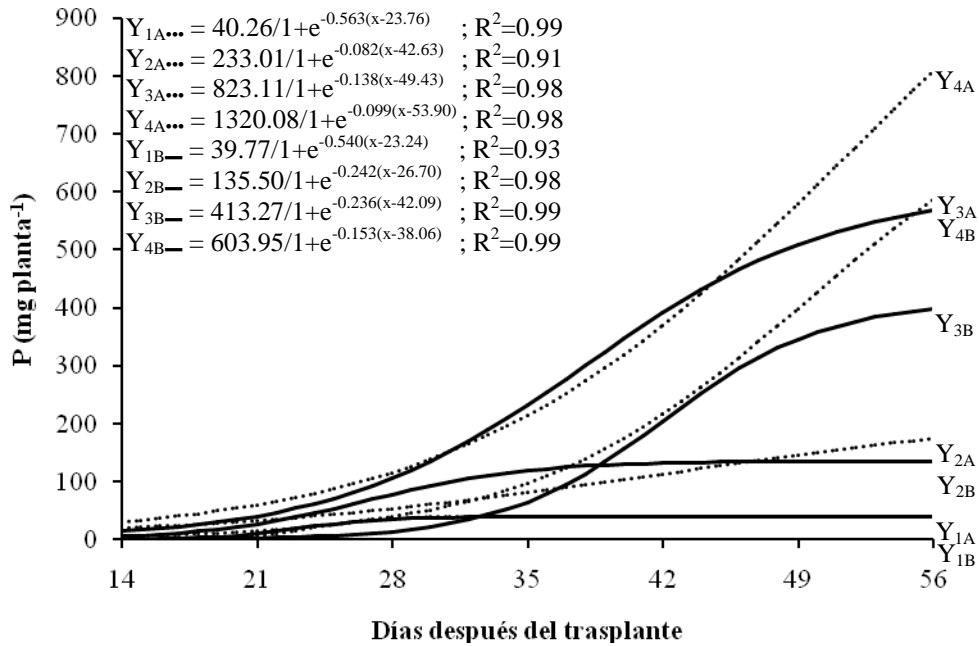


Figura 3. Acumulación de fósforo (P) en los tallos (Y₁), hojas (Y₂), frutos (Y₃) y total (Y₄) de los cultivares de melón, ‘Olimpic express’ (A) e ‘Iracema’ (B), durante su ciclo.

pectivamente, correspondiendo a 72% y 70% del total acumulado en la planta. Rincon et al. (1998), Rodríguez y Pire (2004) y Melo et al. (2013) verificaron acumulaciones de P en los frutos entre 58% y 75% en relación al total acumulado por el melón.

Aunque fue el menos acumulado en ambos cultivares, con respecto a los otros macronutrientes, conforme verificado también por Rincon et al. (1998), Bertsch (2005) y Kano et al. (2010), el P es un nutriente muy importante para el melón, ya que sin un suministro adecuado en las primeras etapas de

desarrollo de la planta, puede ocurrir efectos negativos sobre el crecimiento y la producción de flores y frutos (CANTÓN et al., 2003).

Hasta 34 y 39 DDT, la acumulación de K en los tallos y hojas, respectivamente, fue mayor a la acumulación en los frutos de ‘Olimpic express’. En ‘Iracema’, ese evento ocurrió hasta 37 y 39 DDT. A partir de 39 DDT, los frutos tuvieron una mayor acumulación de K en ambos cultivares, en relación a las partes vegetativas (Figura 4).

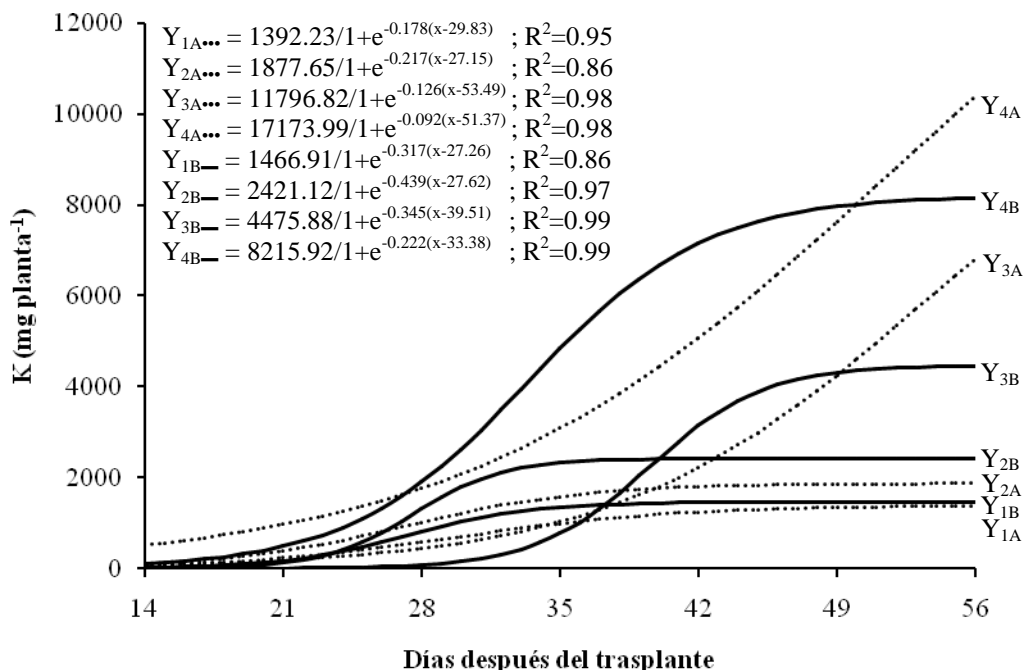


Figura 4. Acumulación de potasio (K) en los tallos (Y₁), hojas (Y₂), frutos (Y₃) y total (Y₄) de los cultivares de melón, ‘Olimpic express’ (A) e ‘Iracema’ (B), durante su ciclo.

Elevada acumulación total de K fue observado entre 28 y 56 DDT, en ‘Olimpic express’, y entre 28 y 45 DDT en ‘Iracema’. En esos períodos fueron acumulados en los frutos 6379.9 mg planta⁻¹ (‘Olimpic express’) y 3811.1 mg planta⁻¹ (‘Iracema’), representando 61% y 47%, respectivamente, del total acumulado por la planta.

Al final del ciclo, los frutos de ‘Olimpic express’ acumularon mayores cantidades de K, (6828.2 mg planta⁻¹), seguido por las hojas (1874.1 mg planta⁻¹) y tallos (1379.3 mg planta⁻¹), representando 66%, 18% y 13%, respectivamente, del total acumulado en la planta. Así mismo, en ‘Iracema’, se verificaron mayores acumulaciones de K en los frutos (4461.0 mg planta⁻¹), hojas (2421.1 mg planta⁻¹) y tallos (1466.8 mg planta⁻¹), representando 55%, 30% y 18%, respectivamente, del total acumulado en ese cultivar.

El K fue el nutriente más acumulado en ambos cultivares de melón, así como fue constatado

también por Rincon et al. (1998), Silva Júnior et al. (2006), Oliveira et al. (2008) Kano et al. (2010) y Temóteo et al. (2010). Sin embargo, la acumulación de K en los frutos de los cultivares evaluados fueron superiores a los obtenidos por Rodríguez y Pire (2004), 2826 mg planta⁻¹, y por Melo et al. (2013), 2890 mg planta⁻¹, pero menores al verificado por Kano et al. (2010), 7016 mg planta⁻¹. El K fomenta la translocación de asimilados desde las hojas a los frutos, e influye sobre la calidad de los mismos, y su mayor acumulación, observado en esta parte de la planta, promueve el incremento de la concentración de sólidos solubles y mejora del color y sabor de la fruta (MOLINA, 2006).

La dinámica de la acumulación de Ca en las hojas, fue similar al de la misma planta en ambos cultivares, siendo constatadas elevadas tasas de acumulación diaria de ese nutriente en ese tejido, en comparación con los tallos y frutos (Figura 5).

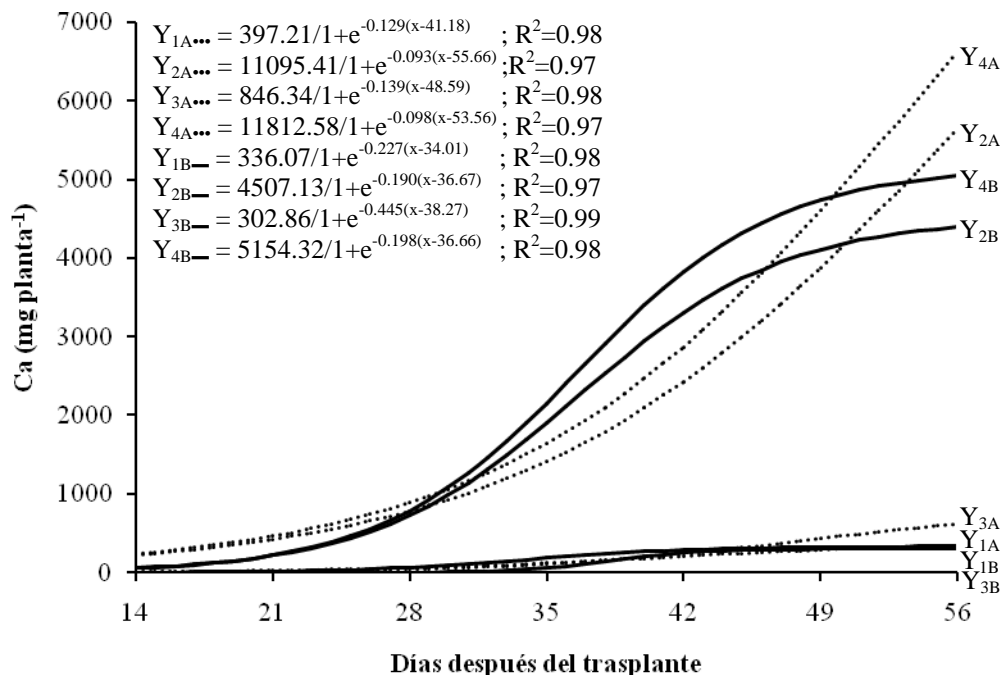


Figura 5. Acumulación de calcio (Ca) en los tallos (Y₁), hojas (Y₂), frutos (Y₃) y total (Y₄) de los cultivares de melón, ‘Olimpic express’ (A) e ‘Iracema’ (B), durante su ciclo.

La mayor demanda total por este nutriente, ocurrió de 28 a 56 DDT, en ‘Olimpic express’, y entre 28 y 49 DDT, en ‘Iracema’. En esos intervalos fueron acumulados 4848.5 mg planta⁻¹ y 3384.7 mg planta⁻¹ de Ca, en las hojas de ‘Olimpic express’ e ‘Iracema’, respectivamente, representando 73% y 67% de la acumulación total en la planta.

Al final del ciclo, el cultivar ‘Olimpic express’ acumuló 5634.0 mg planta⁻¹ (hojas), 624.2 mg planta⁻¹ (frutos) y 346.5 mg planta⁻¹ (tallos) de Ca, que representaron 85%, 9% y 5%, respectivamente, del total acumulado en la planta. En ‘Iracema’, las acumulaciones de Ca fueron 87% en las hojas (4395.4 mg planta⁻¹), 7% en los tallos

(333.8 mg planta⁻¹) y 6% en los frutos (302.8 mg planta⁻¹) de la acumulación total en la planta. Kano et al. (2010) y Melo et al. (2013) obtuvieron en las hojas la acumulación total de Ca de 5560 mg planta⁻¹ y 5760 mg planta⁻¹, respectivamente, siendo próximas al encontrado en ‘Olimpic express’, y superiores al de ‘Iracema’. Estos resultados corroboran con lo verificado por otros autores para el melón (RINCON et al., 1998; RODRÍGUEZ; PIRE, 2004; SILVA JÚNIOR et al., 2006; KANO et al., 2010; MELO et al., 2013), donde se observó que la acumulación de Ca en las hojas fue superior a las otras partes de la planta, a lo largo de todo el ciclo.

El Ca es abundante en las hojas donde se acu-

mula a nivel de la lámina media de las paredes celulares. Esto se debe a que la elevada transpiración de las hojas en relación a otras partes de la planta, hace con que el Ca sea transportado predominantemente a través del xilema para ese órgano. Como el Ca es prácticamente inmóvil en la planta, hay una tasa de redistribución muy baja de este nutriente, lo que explica la pequeña cantidad en los frutos y una alta acumulación en las hojas. Así mismo, las altas temperaturas de la región donde se efectuó el cultivo contribuyeron para el aumento de la transpiración foliar, resultando en una mayor acumulación de este nutriente en las hojas. El Ca tiene una función principal en las estructuras de sostén de la planta, además de influenciar la calidad y cualidades organolépticas de los frutos (CANTÓN et al., 2003).

Desde el inicio de la evaluación, así como fue verificado para el Ca, el Mg fue acumulado mayormente en las hojas de ‘Olimpic express’ e ‘Iracema’ (Figura 6).

La acumulación de Mg en los frutos de ‘Olimpic express’ e ‘Iracema’, tuvieron comportamientos similares. Sin embargo, a partir de 49 DDT hubo un ligero aumento en la acumulación de Mg en ‘Olimpic express’. La dinámica de este nutriente en los tallos de ambos cultivares también fue semejante, no obstante, fue verificado una menor acumulación de Mg en los tallos de ‘Olimpic express’. Diferentemente, la dinámica de acumulación de Mg en las hojas fue continua y creciente en ‘Olimpic express’ en relación a ‘Iracema’ (Figura 6).

Fue observada una mayor acumulación total de Mg entre 28 y 56 DDT y de 28 a 49 DDT, en ‘Olimpic express’ e ‘Iracema’, respectivamente. En esos períodos, las hojas acumularon 760.4 mg planta⁻¹ en ‘Olimpic express’, y 478.8 mg planta⁻¹ en ‘Iracema’, correspondiendo a 47% y 35%, respectivamente, de los totales acumulados por ambos cultivares.

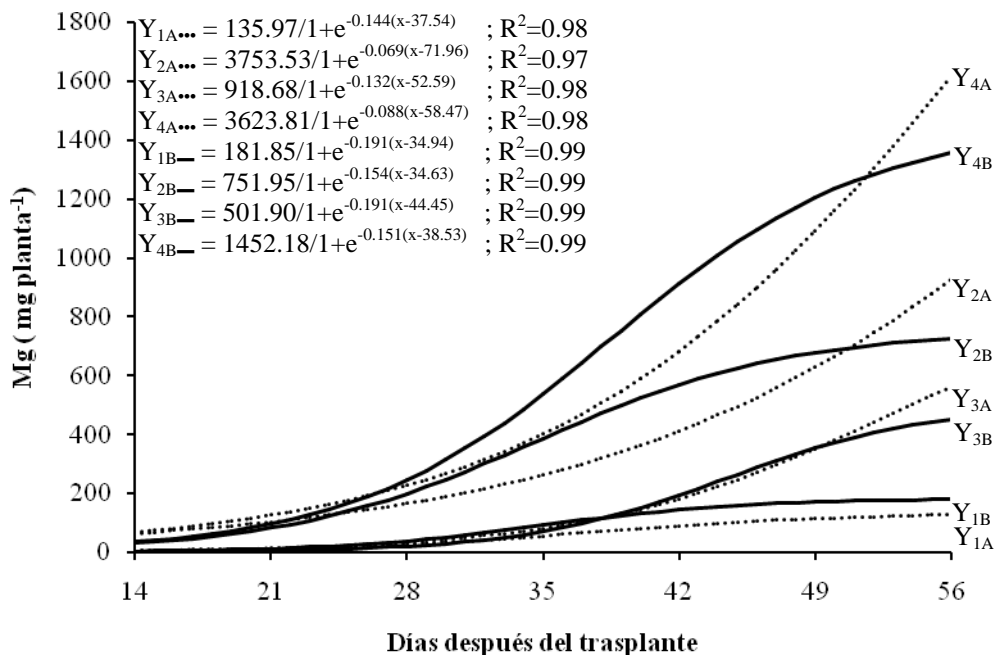


Figura 6. Acumulación de magnesio (Mg) en los tallos (Y₁), hojas (Y₂), frutos (Y₃) y total (Y₄) de los cultivares de melón, ‘Olimpic express’ (A) e ‘Iracema’ (B), durante su ciclo.

Al término del ciclo, las hojas, frutos y tallos acumularon 926.4 mg planta⁻¹, 561.1 mg planta⁻¹ y 127.1 mg planta⁻¹ de Mg, respectivamente, representando 57%, 35% y 8% del total acumulado en ‘Olimpic express’. En ‘Iracema’, se observaron acumulaciones de 725.0 mg planta⁻¹ (hojas), 452.5 mg planta⁻¹ (frutos) y 178.7 mg planta⁻¹ (tallos) de Mg, que significaron 54%, 33% y 13%, respectivamente, de la acumulación total en la planta. La máxima acumulación de Mg en las hojas de ambos cultivares fueron menores al obtenido por Kano et al. (2010), 2059 mg planta⁻¹, pero fueron mayores al verificado por Melo et al. (2013), 634 mg planta⁻¹. Mayores acumulaciones de este nutriente en las hojas también fue constatado por Rincon et al. (1998), Rodríguez y

Pire (2004) y Silva Júnior et al. (2006).

La elevada cantidad de Mg en las hojas, se debe, probablemente, al hecho de que este elemento está asociado con la molécula de clorofila. Sin embargo, entre 70% a 85% de Mg en las plantas, actúa como cofactor de muchos procesos enzimáticos y como un estabilizador estructural para los diferentes nucleótidos, y su deficiencia puede afectar el crecimiento, la productividad y la calidad de los frutos (MERHAUT, 2007).

Durante todo el ciclo de ambos cultivares evaluados, el S, así como el Ca y Mg, tuvo una mayor acumulación en las hojas, seguido de los frutos y tallos (Figura 7).

La dinámica de acumulación de S, observado en los tallos y frutos de ambos cultivares de melón, fueron semejantes desde los 14 DDT. Por otro lado, fue diferente la dinámica de acumulación de S en las

hojas, observándose una acumulación creciente en 'Olimpic express' que en 'Iracema', hasta el final del ciclo (Figura 7).

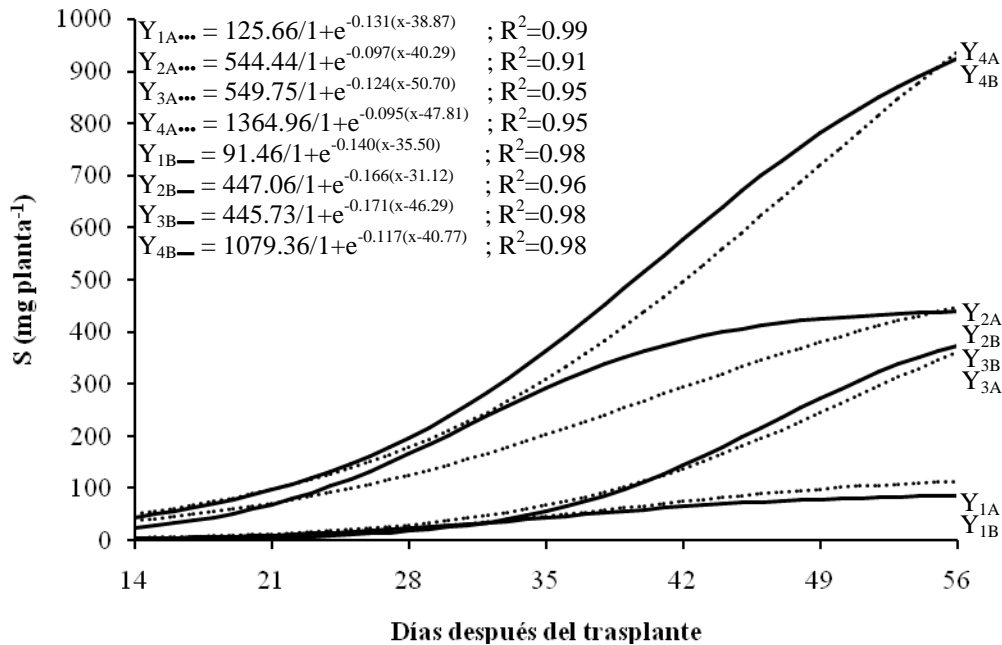


Figura 7. Acumulación de azufre (S) en los tallos (Y₁), hojas (Y₂), frutos (Y₃) y total (Y₄) de los cultivares de melón, 'Olimpic express' (A) e 'Iracema' (B), durante su ciclo.

Entre 28 y 56 DDT hubo una mayor acumulación total de S en ambos cultivares. En ese período, las hojas de 'Olimpic express' e 'Iracema' acumularon 321.1 mg planta⁻¹ y 273.6 mg planta⁻¹, respectivamente, que correspondieron a 34% y 30%, del total acumulado en la planta.

Al final del ciclo, hubo acumulaciones de 447.4 mg planta⁻¹, 362.6 mg planta⁻¹ y 113.7 mg planta⁻¹ de S en las hojas, frutos y tallos, respectivamente, que correspondieron a 48%, 39% y 12% del total acumulado en 'Olimpic express'. En 'Iracema', se observó acumulaciones de 440.1 mg planta⁻¹, 374.5 mg planta⁻¹ y 86.6 mg planta⁻¹ de S en las hojas, frutos y tallos, respectivamente, significando 48%, 41% y 9% del total acumulado en ese cultivar. Las mayores acumulaciones de S observadas en las hojas, se debe a que cerca del 70% del azufre proteico se encuentra en los cloroplastos (HANEKLAUS et al., 2007). La acumulación total de S de ambos cultivares fueron mayores al verificado por Melo et al. (2013), 615 mg planta⁻¹, pero menores al constatado por Kano et al. (2010), 1440 mg planta⁻¹.

Para la misma población de plantas (16667 plantas por hectárea), la acumulación de macronutrientes de 'Olimpic express', con productividad comercial y total de 24 y 32 t ha⁻¹, fue de: 101.1 kg ha⁻¹ de N, 13.5 kg ha⁻¹ de P, 173.4 kg ha⁻¹ de K, 110.1 kg ha⁻¹ de Ca, 26.9 kg ha⁻¹ de Mg y 15.6 kg ha⁻¹ de S, y en 'Iracema', con productividad comercial y total de 30 y 38 t ha⁻¹, la acumulación fue de: 93.9 kg ha⁻¹ de N, 9.5 kg ha⁻¹ de P, 136.0 kg ha⁻¹ de K, 84.1 kg ha⁻¹

de Ca, 22.6 kg ha⁻¹ de Mg y 15.4 kg ha⁻¹ de S. Por lo tanto, mismo acumulando menor materia seca total y produciendo menos frutos que 'Iracema', 'Olimpic express' acumuló una mayor cantidad de macronutrientes, especialmente de N y K, caracterizando una menor eficiencia en el uso de los nutrientes en la producción de frutos.

La secuencia de mayor demanda por macronutrientes de los cultivares evaluados siguió el orden decreciente K>Ca>N>Mg>S>P ('Olimpic express') y K>N>Ca>Mg>S>P ('Iracema'), con diferencias en la posición del Ca y N. Kano et al. (2010) constataron un resultado similar al obtenido en 'Olimpic express'. Diferentes secuencias de acumulación de macronutrientes fueron obtenidas en otros trabajos: K>N>Ca>Mg>P (RINCON et al., 1998), Ca>K>N>Mg>P (RODRÍGUEZ y PIRE, 2004), N > K > C a > M g > P (B E R T S C H , 2005), K>Ca>N>P>Mg (SILVA JÚNIOR et al., 2006) y N>Ca>K>P>Mg>S (MELO et al., 2013).

CONCLUSIONES

Las plantas de los cultivares de melón 'Olimpic express' e 'Iracema' tienen un crecimiento lento en la etapa vegetativa, intensificándose la acumulación de materia seca durante la etapa reproductiva, con una acumulación máxima de 246.4 g planta⁻¹ para 'Olimpic express' y 266,9 g planta⁻¹ para 'Iracema', con participación de los frutos de 60% y

64%, respectivamente.

Las mayores exigencias de macronutrientes fueron entre 28 a 56 días después del trasplante para 'Olimpic express' e 'Iracema', y al final del ciclo, la secuencia de mayor acumulación de macronutrientes de los cultivares evaluados, siguió el orden decreciente $K > Ca > N > Mg > S > P$ ('Olimpic express') y $K > N > Ca > Mg > S > P$ ('Iracema').

Las cantidades de N, P, K, Ca, Mg y S que fueron exportados en los frutos de melón, en relación a los totales acumulados, correspondieron a 61, 73, 66, 9, 35 y 39% ('Olimpic express') y 58, 70, 55, 6, 33 y 41% ('Iracema').

Hay mayor acumulación de N, P y K en los frutos, mientras de Ca, Mg y S en las hojas de los cultivares de melón, 'Olimpic express' e 'Iracema'.

Con una menor producción de frutos y una mayor acumulación de nutrientes, 'Olimpic express' ha demostrado ser menos eficiente en el uso de nutrientes que 'Iracema'.

REFERENCIAS

- BATAGLIA, O. C. et al. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1983. 48 p.
- BERTSCH, F. **Absorción de nutrimentos por los cultivos**. Costa Rica: ACCS, 2003. 307 p.
- BERTSCH, F. **Estudio de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización**. Ecuador: Instituto de la Potasa y el Fósforo - INPOFOS, 2005. 10 p. (Informaciones Agronómicas 57).
- CANTÓN, J. M.; GALERA, I.; MARTÍNEZ, A. El cultivo protegido del melón. In: CAMACHO, F. (ed.). **Técnicas de producción en cultivos protegidos**. Almería, España: Caja Rural de Almería, 2003. p. 589-648.
- COSTA, C. C. et al. Crescimento e partição de assimilados em melão cantaloupe em função de concentrações de fósforo em solução nutritiva. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 123-130, 2006.
- CRISÓSTOMO, L. A. et al. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no Nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 21 p. (Circular Técnica 14).
- DAMASCENO, A. P. A. B. et al. Crescimento e marcha de absorção de nutrientes do melão cantaloupe tipo "Harper" fertirrigado com doses de N e K. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 137-146, 2012.
- FAGERIA, N. K. **The use of nutrients in crop plants**. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, 2009. 430 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Faostat**. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 26 mai. 2014.
- HANEKLAUS, S. et al. Sulfur. In: BARKER, A.V.; PILBEAM, D.J. (Ed.). **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, 2007. p.183-238.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Banco de dados por estado**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadostat>>. Acesso em: 26 maio 2014.
- KANO, C. et al. Acúmulo de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 1155-1164, 2010. (Suplemento 1).
- KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.
- MEDEIROS, J. F. et al. Crescimento e produção do melão cultivado sob cobertura de solo e diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 792-797, 2006.
- MELO, D. M. et al. Nutrient accumulation in 'Fantasy' net melon cultivated on substrate. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1673-1682, 2013.
- MERHAUT, D. J. Magnesium. In: BARKER, A.; PILBEAM, D. J. (ed.). **Handbook of plant nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 2007. p. 146-172.
- MICROCAL SOFTWARE. **Origin version 6.1**. Northampton, MA: Microcal Software, Inc., 2000.
- MOLINA, E. **Efecto de la nutrición mineral en la calidad del melón**. Ecuador: Instituto de la Potasa y el Fósforo - INPOFOS, 2006. 07 p. (Informaciones Agronómicas n° 63).
- NEGREIROS, M. Z. et al. Rendimento e qualidade do melão sob lâminas de irrigação e cobertura do solo com filmes de polietileno de diferentes cores. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 773-779, 2005.

OLIVEIRA, F. A. et al. Crescimento do meloeiro gália fertirrigado com diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 3, p. 168-173, 2008.

PEOPLES, M. B. et al. Pathways of nitrogen loss and their impacts on human health and the environment. In: MOSIER, A. R.; SYERS, J. K.; FRENEY, J. R. (Ed.). **Agriculture and the nitrogen cycle: assessing the impacts of fertilizer use on food production and the environment**. Washington, DC: Island Press, 2004. p. 53-69. (SCOPE 65).

RINCON, L. et al. Crecimiento y absorción de nutrientes del melón bajo invernadero. **Investigación Agrária: Producción y Protección Vegetal**, Madrid, v. 13, n. 1-2, p. 111-120, 1998.

RODRÍGUEZ, Z.; PIRE, R. Extracción de N, P, K, Ca y Mg por plantas de melón (*Cucumismelo* L.) híbrido Packstar bajo condiciones de Tarabana. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Caracas, v. 21, n. 2, p. 141-154, 2004.

SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR (SECEX). **Exportação brasileira, município de Mossoró**. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/sistema/balanca/>>. Acesso em: 5 jan. 2011.

SILVA JÚNIOR, M. J. et al. Acúmulo e matéria seca e absorção de nutrientes pelo meloeiro pele-de-sapo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 364-368, 2006.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. 5.ed. Washington, DC: SMSS Technical Monograph USDA-SCS, 1992. 541 p.

TEMÓTEO, A. da S. et al. Crescimento e acúmulo de nitrogênio e potássio pelo melão pele de sapo fertirrigado. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 3, p. 275-281, 2010.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. van. Hortaliças. In: RAIJ B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC, 1997. p. 155-164 (Boletim Técnico, 100).

VERHULST, P. F. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. **Correspondance Mathématique et Physique**, v. 10, p. 113-121, 1838.