

EXTRACCIÓN DE NITRÓGENO EN SEIS ESPECIES OLERÍCOLAS DURANTE SU CICLO DE CRECIMIENTO

Rubén Bugarín-Montoya¹; Maximino Virgen-Ponce¹; Arturo Galvis-Spinola²; Diego García-Paredes¹; Teresa Hernández-Mendoza³; Irán Bojorquez-Serrano¹ y Alberto Madueño-Molina¹

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar la concentración y acumulación de nitrógeno en función del tiempo en seis especies olerícolas cultivadas en sistemas sin suelo: col china (*Brassica campestris*), lechuga crespa (*Lactuca sativa*), rábano (*Raphanus sativus*), tomate (*Solanum lycopersicum*), pimiento (*Capsicum annuum*) y pepinillo (*Cucumis sativus*). Durante el ciclo de cultivo se realizaron muestreos destructivos cuantificando la materia seca acumulada y la concentración porcentual de N. La concentración de N en la biomasa total de tomate, pimiento, pepinillo y rábano disminuyó durante su ciclo de crecimiento, mientras que en las hortalizas de hoja (col china y lechuga crespa), la concentración se mantuvo en constante incremento, alcanzando máximos de 4,0 a 4,7 % de N en la cosecha, valores mayores a los encontrados en el resto de las especies estudiadas. La acumulación de N al momento de la cosecha estuvo influenciada de manera determinante por la biomasa total producida en las diferentes especies. Las tasas máximas de absorción nutrimental difirieron entre las especies estudiadas y ocurrieron cuando la materia seca acumulada osciló entre 43,3 y 64,5 % del total.

Palabras clave adicionales: Lechuga, rábano, tomate, pepinillo, pimiento, col

ABSTRACT

Nitrogen extraction in six vegetable species during their growth cycle

The objective of this research was to determine the concentration and accumulation of nitrogen of six horticultural species grown in soilless systems: chinese cabbage (*Brassica campestris*), crisp lettuce (*Lactuca sativa*), radish (*Raphanus sativus*), tomato (*Solanum lycopersicum*), pepper (*Capsicum annuum*) and cucumber (*Cucumis sativus*). During the crop cycle, destructive samples were taken to measure the accumulated dry matter and the concentrations of N. The N content in the total biomass of tomato, pepper, cucumber and radish decreased during the growth season, while in foliar vegetables (chinese cabbage and crisp lettuce), the concentration continually increased reaching a maximum of 4.0 to 4.7 % of N at harvest, values higher than those found in the rest of the studied species. The nitrogen accumulation at harvest time was definitely influenced by the total biomass produced by the plants. The maximum rates of nutrient absorption were different among the species and occurred when the accumulated dry matter ranged between 43.3 and 64.5 % from the total.

Additional key words: Lettuce, radish, tomato, cucumber, pepper, cabbage

INTRODUCCIÓN

La demanda nutrimental de los cultivos usualmente se expresa en términos de kilogramos del nutrimento por tonelada de producto cosechado (Rodríguez et al., 2001). Sin embargo, en los cultivos de hortalizas manejadas con sistemas de fertirriego es necesario parcializar la dosis de fertilizante a través del ciclo de crecimiento de las plantas. Para esto, es necesario contar con información precisa acerca del ritmo de

absorción, o tasa de consumo de nutrimentos; de esta manera, se podrían sincronizar la aplicación de fertilizantes con la demanda nutrimental de los cultivos, cuando el suelo no es capaz de aportarlos (Bar Yosef, 1999). La diversidad de especies olerícolas y ciclos biológicos de éstas hacen que exista una alta variación en la dinámica de la absorción nutrimental. Esta dinámica también está influenciada por las prácticas de manejo hortícola (Cigales-Rivero et al., 2006; Vidal-Martínez et al., 2006; Vázquez-Gálvez et al., 2008), lo cual

Recibido: Agosto 21, 2010

Aceptado: Marzo 28, 2011

¹ Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, Nayarit. CP 63190. México. e-mail: drbugarin@hotmail.com

² Colegio de Posgraduados. Montecillos, estado de México. CP 56230. México.

³ Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, estado de México. CP 56230. México

sugiere que los estudios para la cuantificación de la extracción nutrimental deben realizarse en condiciones ideales.

Una vez que se genera la información del ritmo de extracción nutrimental, puede emplearse para construir modelos de simulación (Bugarín-Montoya et al., 2002), los cuales permiten extrapolar la información a otras condiciones agronómicas, acortando la brecha entre la generación de conocimiento científico y su aplicación en los campos de cultivo.

El empleo de fertilizantes nitrogenados en los sistemas de fertirrigación requiere que éstos se administren de manera óptima con el fin de lograr altos rendimientos, así como evitar la contaminación del ambiente. El objetivo de esta investigación fue determinar la concentración y acumulación de nitrógeno en función del tiempo, de diversas especies olerícolas conducidas en sistemas de cultivo sin suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con las siguientes especies: tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. Mónica; pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Orión; pepinillo (*Cucumis sativus* L.) cv. Eureka; col china (*Brassica campestris* sp. *pekinensis* Lour) cv. China flash, lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. Stays crisp, y rábano (*Raphanus sativus* L.) cv. Champion.

Los cultivos fueron establecidos en invernadero con cubierta de plástico, sin control climático. La temperatura máxima osciló de 24 a 30 °C, la mínima de 8 a 15 °C y la humedad relativa varió de 40 a 80 %.

Cada especie fue establecida por separado en sistemas de cultivo sin suelo. Los cultivos de tomate, pepinillo y pimiento se establecieron en bancales hidropónicos con subirrigación, contruidos de fibra de vidrio, establecidos a una altura de 60 cm con dimensiones de 40 x 240 cm y profundidad de 30 cm. La distancia entre hileras y plantas para estas especies fueron de 180 cm y 30 cm, respectivamente. En el fondo de cada bancal, se colocó una canaleta invertida de PVC con diámetro de 5 cm y 240 cm de largo. En la base del canaleta, se hicieron perforaciones cada 5 cm con un diámetro de 1 cm, con el propósito de mantener la conducción rápida de la solución, tanto hacia adentro como hacia fuera del bancal.

El canaleta, se cubrió con una malla de material plástico, con aberturas de 1 mm para evitar el paso de partículas pequeñas de sustrato hacia el depósito de la solución nutritiva. En el sistema de riego se utilizó una bomba eléctrica y un recipiente de plástico, con capacidad de 850 L, el cual fue enterrado a nivel inferior del nivel de los bancales. Se construyó un sistema de conducción con tubos de PVC para hacer llegar la solución nutritiva a los bancales, y posteriormente, drenarla por gravedad hacia el depósito. El sistema de riego se controló de manera automática, mediante un reloj temporizador. Se aplicaron seis riegos durante el día, con duración de 4 minutos por cada riego, tiempo de funcionamiento suficiente para que la solución nutritiva alcanzara a llegar aproximadamente un centímetro abajo de la superficie del sustrato, para evitar así la proliferación de algas. En la época de mayor fructificación se aplicó un riego adicional manejado de manera manual. La solución nutritiva se recicló después de cada riego, y se aforó diariamente con agua a la capacidad del recipiente. El pH de la solución se mantuvo en $6,5 \pm 0,1$, empleando ácido sulfúrico 1N. Cada diez días se renovó la solución nutritiva, utilizando como referencia un abatimiento en la concentración de nitratos de 20 a 30 % de su concentración original.

La col china se estableció mediante la técnica de la película nutritiva, mientras que la lechuga cressa y rábano se establecieron en macetas con aplicación de riego por microchorro. La distancia entre hileras fue de 50 cm para las dos primeras y de 30 cm para rábano, mientras que la distancia entre plantas fue de 50 cm en lechuga cressa y 30 cm para col china y rábano. En la lechuga cressa y rábano se uso como sustrato, escoria basáltica negra (conocida como tezontle); este material tenía un diámetro de partícula entre 1,7 a 2,0 mm y una densidad aparente de $1,5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}$. En col china el suministro de agua fue con flujo constante, mientras que para lechuga y rábano se dieron 18 riegos por día con duración de 6 minutos cada uno.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, empleando tres plantas en cada repetición.

Se utilizó la solución universal de Steiner (1961), con la siguiente composición ($\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$): 12 NO_3 , 1 H_2PO_4 , 7 SO_4 , 7 K, 4 Mg, 9 Ca, 6 Fe,

1,6 Mn, 0,023 Zn, 0,011 Cu y 0,865 B. El Fe se adicionó en forma de EDTA-Fe, preparado según Steiner y Van Winden (1970). En el cálculo de la solución nutritiva se tomó en cuenta la composición del agua de riego ($\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$): 0,33 Mg, 3,14 Na, 0,48 K, 0,31 Ca, 0,52 SO_4 y 3,56 HCO_3 ; CE $0,31\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, pH 7,51 y RAS 4,72. Los contenidos de cloruros fueron insignificantes. En el estudio con tomate, pimiento y pepinillo, durante el periodo de las etapas de floración-fructificación hasta cosecha, la concentración de NO_3 , K y Ca se incrementaron, respectivamente, a 15, 9,0 y $10,0\text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$.

Cada uno de los muestreos consistió en cosechar la planta completa, separando parte vegetativa y frutos (tomate, pimiento y pepinillo), o raíz (rábano). Posteriormente cada uno de estas partes, se lavaron con agua potable y tres veces con agua destilada. Las muestras fueron secadas en bolsas de papel en un horno de secado a $65\text{ }^\circ\text{C}$ hasta peso constante. En el caso de los frutos, el periodo de secado fue de cinco días. Después del secado, las muestras vegetales se pasaron a través de un molino con cuchillas de acero y tamizadas en malla número 20. La solubilización de las muestras se realizó mediante digestión húmeda, empleando una mezcla de ácido sulfúrico y peróxido de hidrógeno con un equipo de digestión Hach. Las determinaciones analíticas de N se hicieron por separado utilizando el procedimiento Kjeldahl. Se determinó la producción de fruto fresco, así como la asignación de materia seca en parte aérea, frutos, raíz y total. Con los resultados de materia seca y contenido nutrimental se calculó la cantidad de N acumulado en las plantas. Los resultados se presentan en forma gráfica, indicando los valores medios y su dispersión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración de N en la biomasa total

El contenido de N en la biomasa total de tomate, pimiento, pepinillo y rábano disminuyó durante su ciclo de crecimiento (Figura 1A y B), con valores finales de 2,57, 2,81, 3,48 y 3,50 %, respectivamente; los valores máximos se obtuvieron en las etapas jóvenes del ciclo. La disminución en la concentración de N en la materia seca total a través del tiempo es debida al rápido incremento en la cantidad de materia seca acumulada a medida que se acerca la cosecha, por

lo que se presenta un efecto de dilución, fenómeno que ha sido bien documentado por diversos investigadores (Benton et al., 1991; Rincón-Sánchez et al., 2002).

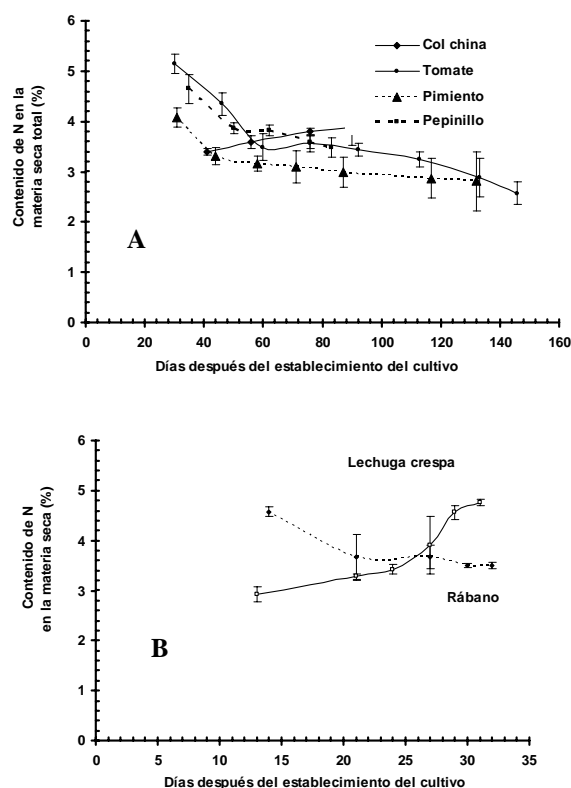


Figura 1. Concentración de N en la materia seca total a través del ciclo de crecimiento. A) col china, tomate, pimiento y pepinillo; B) lechuga crespa y rábano

Para el caso de hortalizas de hoja (col china y lechuga crespa), se presentó un efecto contrario y la concentración de N se mantuvo en incremento constante hasta la cosecha con valores máximos de 4,0 y 4,7 % de N en la materia seca total (Figura 1); es decir, en estas especies no se presentó el efecto de dilución antes mencionado. Esto puede atribuirse al hecho de que en ambas especies la cosecha se realiza cuando la planta aún está en estado vegetativo y no se presentan las etapas fenológicas de floración y fructificación, las cuales tienen mayor influencia en la absorción de nutrientes y en la acumulación de materia seca (Azofeifa y Moreira, 2005). Además, éstas son especies que por naturaleza pueden acumular altas concentraciones de N durante la fase vegetativa. Al respecto, Pulgar et al. (1999) reportaron

valores de 7,0 a 7,7 % de N en hojas de col china, mientras que Chiesa et al. (1997) encontraron entre 4,5 a 5,5 % en hojas de espinaca.

La concentración de N al momento de la cosecha en las diferentes especies estudiadas se aprecia en la Figura 2. Se observa que, en general, la concentración de N tiende a disminuir a medida que los cultivos presentan ciclos más largos ($r^2=0,53$). Sin embargo, la lechuga crespa y el rábano se diferenciaron en la concentración de N al momento de la cosecha, a pesar de que ambas especies presentan una duración similar en su ciclo de cultivo. En rábano, la concentración fue menor que en lechuga, lo cual sugiere que probablemente para las especies vegetales cuyo producto consumible sea la raíz, el comportamiento pudiera ser similar al de las hortalizas de fruto. En col china, al igual que en lechuga crespa, la concentración de N fue alta comparada con el resto de las especies estudiadas, indicando que en las especies cosechadas en estado de hoja, el contenido de N supera al encontrado en plantas cuyo órgano consumido es el fruto.

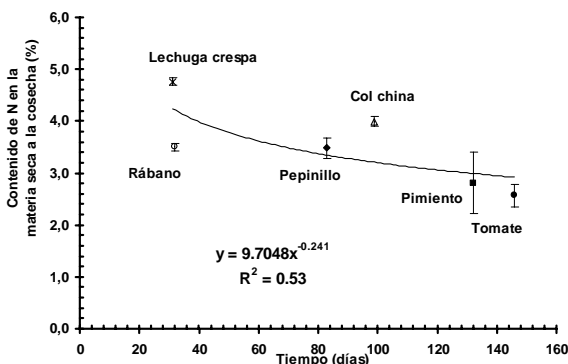


Figura 2. Concentración de N en la biomasa aérea total al momento de la cosecha en seis especies olerícolas

Greenwood et al. (1990) estudiaron la concentración de N en la biomasa total de plantas C3 y C4, cultivadas con suficiente nitrógeno para permitir la máxima tasa de crecimiento. Estos investigadores encontraron que la concentración de N en todos los cultivos disminuyó al incrementar la biomasa producida pero en las especies C4 los valores fueron menores que las C3, lo cual puede ser atribuido a que las plantas C4, por ser más eficientes en su ruta fotosintética, pudieran acumular menos N. En la presente

investigación, todas las especies estudiadas corresponden a plantas C3, lo que demuestra que aun dentro de especies con la misma ruta fotosintética existen diferencias notables en las concentraciones de N en la biomasa total.

Acumulación de N en la biomasa total

En los cultivos estudiados, la acumulación de N en la biomasa total en el tiempo siguió una curva sigmoide, en todos los casos, y las diferencias encontradas están en relación con la duración del ciclo del cultivo y la cantidad de N acumulada. Los cultivos de tomate y pimiento acumularon mayor cantidad de N por planta en relación a pepinillo, col china y rábano (Figura 3A y B).

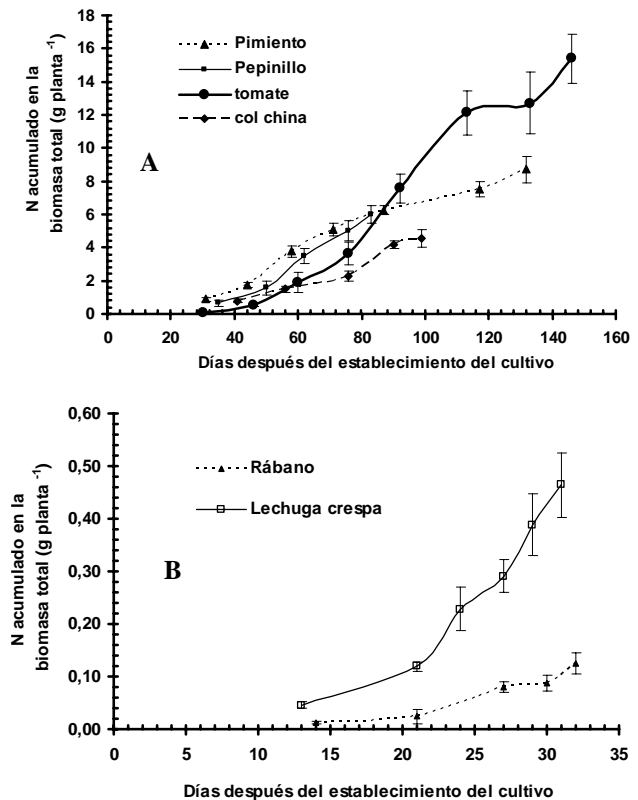


Figura 3. Acumulación de N en la biomasa total de: A) col china, tomate, pimiento y pepinillo; B) lechuga crespa y rábano

La acumulación de N al momento de cosecha estuvo influenciada de manera determinante por la biomasa total producida en las diferentes especies, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Pineda-Pineda et al. (2008).

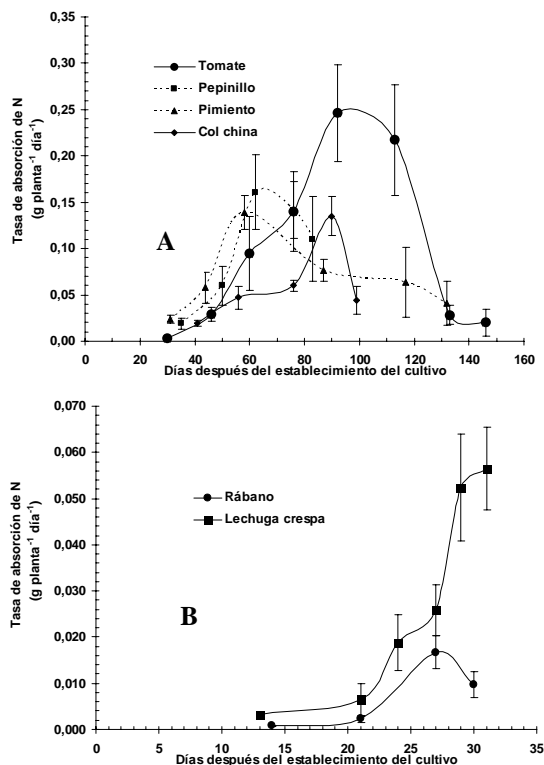


Figura 4. Tasas de absorción de N durante el ciclo de cultivo en: A) tomate, pimienta, pepinillo y col china; B) rábano y lechuga crespa

Los cultivos de tomate y pimienta alcanzaron la mayor biomasa seca acumulada con respecto a los demás cultivos. La extracción total de N en los

diferentes cultivos ocurrió en el siguiente orden: pimienta > col china > tomate > rábano > pepinillo > lechuga crespa (Cuadro 1). Las diferencias se atribuyen principalmente a las acumulaciones distintas de materia seca total, y en menor grado, a las diferencias en concentración del N presente en dicha biomasa.

Tasas de absorción de N

Las tasas de absorción de N variaron entre las especies estudiadas y de acuerdo a la duración de los ciclos de cada uno de los cultivos (Figura 4A y B). En los cultivos de fruto (tomate, pimienta y pepinillo), así como en el rábano, la tasa de absorción de N se incrementó paulatinamente hasta un máximo, a partir del cual ocurrió un descenso constante hasta el periodo de cosecha.

En el caso de lechuga y col, sólo se produjo una ligera disminución en la tasa de absorción después de haber alcanzado el valor máximo. Esto se atribuye al hecho ya señalado de que en estas especies, la cosecha comercial se efectúa en estado vegetativo. Las tasas máximas de absorción nutricional también difirieron entre las especies estudiadas y ocurrieron cuando la materia seca acumulada osciló entre 43,3 y 64,5 % del total. Sólo en el caso de la col china, las tasas máximas de absorción ocurrieron momentos antes de la cosecha, cuando el cultivo había alcanzado 91,4 % del total de materia seca acumulada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tasas de absorción máxima de N, materia seca (MS) acumulada, días después del transplante o siembra (ddt ó dds) y tiempo proporcional (Tprop) del ciclo de cultivo donde ocurrió la máxima absorción nutricional en seis especies olerícolas (conversiones de $\text{kg}\cdot\text{planta}^{-1}$ a $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en función de los diferentes espaciamientos entre plantas)

Cultivo	Tiempo	Tprop	MS acumulada (%)	Tasa máxima de absorción de N ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$)	Extracción total ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{planta}^{-1}$)
Col china	90 ddt	0,91	91,4	9,0	304,2	2,13
Lechuga crespa	27 ddt	0,93	63,3	7,4	162,7	0,18
Rábano	27 dds	0,84	64,5	18,8	200,0	0,32
Tomate	92 ddt	0,69	49,2	4,4	276,8	6,88
Pepinillo	62 ddt	0,75	58,0	5,0	186,6	4,40
Pimiento	58 ddt	0,44	43,3	5,3	321,9	3,93

CONCLUSIONES

El contenido de N en la biomasa total de tomate, pimienta, pepinillo y rábano disminuyó durante su ciclo de crecimiento. En hortalizas de

hoja (col china y lechuga crespa), la concentración de N se mantuvo en incremento constante hasta la cosecha con valores máximos de 4,0 a 4,7 % de N en la materia seca total. La concentración de N en col china y lechuga crespa fue mayor al

encontrado en plantas cuyo órgano consumido es el fruto (tomate, pepinillo, pimiento) o raíz (rábano). La acumulación de N en la biomasa total siguió una curva sigmoideal en todas las especies estudiadas. La acumulación de N en la biomasa seca total a la cosecha estuvo influenciada de manera determinante por la biomasa total producida en las diferentes especies al momento de la cosecha. Las tasas máximas de absorción nutrimental difirieron entre las especies estudiadas y ocurrieron cuando la materia seca acumulada osciló entre 43,3 y 64,5 % del total.

LITERATURA CITADA

1. Azofeifa, A. y M. Moreira. 2005. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* cv. UCR 589) en Alajuela, Costa Rica. *Agron. Costarricense* 29: 77-84.
2. Bar Yosef, B. 1999. Advances in fertigation. *Advances in Agronomy* 65: 1-77.
3. Benton J. Jr., B. Wolf y H. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling Preparation, Analysis and Interpretation Guide*. Micro-Macro. Athens, GA. 213 p.
4. Bugarín-Montoya, R., A. Galvis-Spinola, P. Sánchez-García y D. García-Paredes. 2002. Acumulación diaria de materia seca y de potasio en la biomasa aérea total de tomate. *Terra* 20: 401-409.
5. Chiesa, A., A. Fraschina y O. Filippini de Delfino. 1997. Tissue nitrogen composition and yield parameters in spinach (*Spinacia oleracea* L.) crop. *Científica São Paulo* 25 (1): 177-186.
6. Cigales-Rivero, M., O. Pérez-Zamora y K. Pérez-Castro. 2006. Efecto del nitrógeno y humedad del suelo sobre la concentración foliar de nutrimentos y rendimiento en cultivo de melón. *Avances en Investigación Agropecuaria* 10 (2): 57-67.
7. Greenwood, D., G. Lemaire, G. Gosse, P. Cruz y A. Draycott. 1990. Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. *Annals of Botany* 66: 425-436.
8. Pineda-Pineda, J., E. Avitia-García, A. Castillo-González, T. Corona-Torres, L. Valdez-Aguilar y J. Gómez-Hernández. 2008. Extracción de macronutrimentos en frambueso rojo. *Terra Latinoamericana* 26: 333-340.
9. Pulgar, G., D. Moreno, J. Hernández, N. Castilla y L. Romero. 1999. Optimum range of macronutrients in Chinese cabbage (*Brassica pekinensis* [Lour] Rupr. cv. Nagaoka 50) grown under floating mulch. *ØYTON Int. Journal of Experimental Botany* 64: 23-26.
10. Rincón-Sánchez, L., A. Pérez-Crespo, C. Pellicer-Botia, J. Saéz-Sironi y A. Abadía Sánchez. 2002. Influencia de la fertilización nitrogenada en la absorción de nitrógeno y acumulación de nitratos en la lechuga iceberg. *Invest. Agr. Prod. Veg.* 17: 303-317.
11. Rodríguez, S., D. Pinochet y F. Matus. 2001. *Fertilización de los Cultivos*. Lom ediciones, Santiago de Chile. 117 p.
12. Steiner, A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil* 15: 134-154.
13. Steiner, A. y H. Van Winden. 1970. Recipe for ferric salts of ethylenediaminetetracetic acid. *Plant Physiol.* 46: 862-863.
14. Vázquez-Gálvez, G., R. Cárdenas-Navarro y P. Lobit. 2008. Efecto del nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento de fresa regada por goteo y gravedad. *Agricultura Técnica en México* 34 (2): 235-241.
15. Vidal-Martínez, J., R. Núñez-Escobar, I. Lazcano-Ferrat, J. Etchevers-Barra y R. Carrillo-González. 2006. Nutrición potásica del brócoli (*Brassica oleracea*) con manejo convencional y fertirrigación en un Vertisol en invernadero. *Agrociencia* 40 (1): 1-11.