

EXTRACCIÓN DE MACRONUTRIMENTOS Y CRECIMIENTO EN VARIEDADES DE NOCHEBUENA DE SOL NATIVAS DE MÉXICO

MACRONUTRIENT EXTRACTION AND GROWTH OF MEXICAN NATIVE SUN POINSETTIA VARIETIES

Dante V. Galindo-García¹, Irán Alia-Tejacal^{1*}, Luis A. Valdez-Aguilar², María T. Colinas-León³, Óscar G. Villegas-Torres¹, Víctor López-Martínez¹, Manuel J. Sainz-Aispuro¹ y Dagoberto Guillén-Sánchez¹

¹Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001. 62209, Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. 25315, Buenavista, Saltillo, Coahuila. ³Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carr. México-Texcoco. 56230, Chapingo, Estado de México.

*Autor de correspondencia (ijac96@yahoo.com.mx)

RESUMEN

La nochebuena de sol (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) es un recurso fitogenético nativo de México con importancia económica en el sector ornamental. Los estudios sobre nutrición en esta especie son limitados, por lo que es primordial generar información básica de la demanda total de macronutrientes y su dinámica de absorción, que ayuden a la generación de paquetes tecnológicos, a disminuir costos en fertilizantes, evitar contaminación ambiental y mantener la calidad de la planta. Se establecieron dos variedades de nochebuena de sol de mayor producción (Valenciana y Rehilete) en un sistema hidropónico abierto con sustrato de tezontle rojo, en invernadero. La nutrición fue suministrada mediante la solución universal de Steiner, con un potencial osmótico de -0.072 MPa. La extracción nutrimental (mg/planta) total al final del ciclo (240 d) fue mayor en Rehilete que en Valenciana: N 1269 vs. 947; P 137 vs. 115; K 433 vs. 390; Ca 234 vs. 192; y Mg 153 vs. 143, respectivamente. El orden de extracción de los nutrimentos en ambas variedades fue: N > K > Ca > Mg > P. La tasa máxima de absorción en Valenciana de N y K fue durante la etapa vegetativa; de P, Ca y Mg fue en la inducción a floración, con valores de N, P, K, Ca y Mg de 12.1, 1.3, 4.4, 1.7 y 1.4 mg/planta por día, respectivamente. En Rehilete, la máxima tasa de absorción de todos los elementos se presentó en la etapa vegetativa, con valores de N, P, K, Ca y Mg de 13.6, 2.1, 6.0, 3.0 y 2.0 mg/planta por día, respectivamente.

Palabras clave: *Euphorbia pulcherrima*, nitrógeno, nutrición, tasa de absorción.

SUMMARY

Sun poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) is a Mexican native genetic resource of great economic importance in the ornamental market. Since published information about poinsettia nutrition is limited, in this study the main objective is to measure the total demand of plant macronutrients and the nutrimental absorption dynamics, for determining the main macro-nutriments in sun poinsettia, and for assisting in generate technological guides, to reduce production costs and reduce pollution of natural resources. Two sun poinsettia varieties, Valenciana and Rehilete, were grown under greenhouse conditions with an open hydroponic system with red volcanic rock as substrate. The Steiner nutrient universal solution under -0.072 MPa osmotic potentials was used. The total nutrient extraction (mg/plant) obtained at the end of cycle (240 d) was higher in var. Rehilete than in var. Valenciana: N 1269 vs. 947; P 137 vs. 115; K 433 vs. 390; Ca 234 vs.

192; y Mg 153 vs. 143, respectively. The sequence of nutrient extraction in both varieties was: N > K > Ca > Mg > P. The maximum rates of N and K absorption in Valenciana was during the vegetative stage, while for P, Ca and Mg was at the inductive stage, with values of N, P, K, Ca and Mg of 12.1, 1.3, 4.4, 1.7 and 1.4 mg/plant per day, respectively. In Rehilete, the maximum rates of all nutrient absorption were in the vegetative stage, with values of N, P, K, Ca and Mg of 13.6, 2.1, 6.0, 3.0, and 2.0 mg/plant per day, respectively.

Index words: *Euphorbia pulcherrima*, nitrogen, nutrition, absorption rate.

INTRODUCCIÓN

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) es una especie nativa de México utilizada en el mundo como planta ornamental durante las fiestas decembrinas (Colinas, 2009), cuyo origen se establece entre los estados de Morelos y Guerrero (Trejo *et al.*, 2012). La especie, que pertenece a la familia Euphorbiaceae (Steinmann, 2002; Ecke *et al.*, 2004), se caracteriza por ser un arbusto caducifolio, con hojas simples dispuestas de manera alterna, de forma ovalada a elíptica, además de formar hojas modificadas, llamadas brácteas, de diferentes colores, formas y tamaños (Canul *et al.*, 2010), las cuales rodean a las inflorescencias conocidas como ciatios.

La nochebuena de sol, conocida como “nochebuena de jardín”, se utiliza principalmente en jardinería en el estado de Morelos, como flor de corte y en terapias medicinales en el Estado de México y en el estado de Oaxaca (Colinas, 2009). Morelos es el principal estado productor de nochebuena de sol (Galindo *et al.*, 2012), seguido de Michoacán, Puebla, Estado de México y Distrito Federal.

La problemática en la producción de nochebuena de sol es la escasa información técnica del cultivo, principalmente en nutrición, debido al desconocimiento de los requerimientos nutrimentales por parte de los productores. Éstos

fertilizan de forma tradicional una vez a la semana durante todo el ciclo, mediante el suministro a cada planta de 2 g de la fórmula 15-15-15 (N-P-K) en desarrollo vegetativo y 4 g de 15-5-20 a partir de la inducción a floración y desarrollo de brácteas (Galindo *et al.*, 2012).

Pero no existe un programa adecuado de fertilización y suministro de los macronutrientes requeridos por la planta, con base en la demanda de la especie en cada etapa fenológica; con tal programa se podría lograr el máximo crecimiento de la especie y aumentar su calidad, así como la reducción de costos en fertilizantes, y además evitar la contaminación de agua y suelo.

La nutrición se considera el factor de producción de mayor relevancia después de la disponibilidad de agua (Quezada y Bertsch, 2013), cuyo fin es aportar los nutrientes esenciales en las cantidades necesarias y en el momento adecuado para lograr el máximo potencial del cultivo. Ramos *et al.* (2002), Azofeita y Moreira (2005), y Bugarín *et al.* (2011) coinciden en indicar que el uso excesivo de fertilizantes provoca pérdidas económicas, deterioro del ambiente, y disminución en la productividad y calidad de las plantas, por lo que se debe hacer uso racional de estos insumos agrícolas.

Los estudios sobre demanda nutrimental a partir de la biomasa generada, expresan la cantidad de elementos extraídos por la planta (Valentín *et al.*, 2013), definida como el consumo de nutrientes para completar su ciclo de producción. Las curvas de extracción nutrimental permiten el conocimiento de la demanda de acuerdo con la etapa fenológica del cultivo, que indican la época de mayor absorción y son útiles para diseñar programas de nutrición porque permiten realizar ajustes precisos para maximizar la eficiencia en la aplicación de los fertilizantes (Avitia *et al.*, 2014), con lo cual se mejora la rentabilidad y potencial productivo.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue comparar la acumulación y distribución de biomasa, extracción nutrimental y tasas de absorción de los macronutrientes N, P, K, Ca y Mg entre Valenciana y Rehilete durante el ciclo productivo, para generar información sobre los requerimientos nutrimentales durante el desarrollo del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el estado de Morelos (18° 54' 18.0" N y 99° 13' 28.3" O) a una altitud de 1802 m. Para su establecimiento se utilizaron 80 estacas de 20 cm de longitud de cada una de las vars. Valenciana y Rehilete, ambas obtenidas de plantas madre de más de 20 años de edad en la localidad de Ocotepéc, municipio de Cuernavaca, Morelos.

Las estacas se establecieron en bolsas de polietileno con capacidad de 9.46 L, que contenían "tezontle" rojo (grava volcánica) como sustrato. Se colocó una estaca en cada bolsa. En la plantación, aproximadamente a 3 cm de la base de la estaca se aplicó Radix 10,000® (i.a. ácido indol-3-butírico a 1 %) para promover la formación de raíces. El cultivo se desarrolló en un invernadero tipo túnel con cubierta plástica transparente, que dejó pasar aproximadamente 80 % de la radiación externa, sin control de clima.

El suministro de macronutrientes fue con la solución nutritiva universal de Steiner (1984), con un potencial osmótico de -0.072 MPa. Previo al establecimiento del cultivo se realizó un análisis físico-químico de agua, para conocer su calidad y las aportaciones de elementos para balancear la fórmula de nutrición. Los fertilizantes empleados fueron: nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de potasio, fosfato monopotásico y sulfato de magnesio. Se ajustó el pH a 5.8 en cada riego, y se adicionaron micronutrientes STEM® (B: 1.35 %, Cu: 2.3 %, Fe: 7.5 %, Mn: 8 %, Mo: 0.04 %, y Zn: 4.5 %) para complementar la nutrición, a una dosis de 300 mg L⁻¹ en cada riego (Ecke *et al.*, 2004).

Después de establecida, la estaca desarrolló entre 3 y 5 brotes que alcanzaron una altura entre 0.8 y 1.0 m en aproximadamente 120 d, y posteriormente se hizo una poda para dejar de 2 a 3 entrenudos por planta, práctica que es común entre los productores de la región noroeste de Cuernavaca. La extracción nutrimental y la acumulación de materia seca se determinaron a partir del desarrollo de los nuevos brotes hasta que la planta alcanzó la calidad comercial.

Posterior a la poda se tomaron cinco muestreos cada 20 d. Las plantas se extrajeron de las bolsas y en laboratorio se seccionaron en: raíz, estaca, tallo, hojas, brácteas, inflorescencias y bractéolas. Se lavaron con agua destilada para eliminar sustrato y polvo, y luego se dejaron secar a temperatura ambiente por 5 h. Luego, las muestras de cada estructura se secaron en estufa Luzeren® mod. DHG-9070A (México) a 70 °C por 72 h y se determinó la materia seca. En cada estructura se midió la concentración de los macronutrientes N, P, K, Ca y Mg. Para N se utilizó el método MicroKjeldahl (Bremner, 1996); y para el resto de nutrientes el análisis se hizo mediante digestión húmeda del material seco, con una mezcla de ácidos perclórico y nítrico (Alcántar y Sandoval, 1999); posteriormente se determinaron P, K, Ca y Mg con un equipo de espectroscopía de emisión atómica de inducción por plasma acoplado (ICP-OES) marca Varian® modelo 725-ES (Australia) (Trejo *et al.*, 2013).

La unidad experimental se conformó por dos plantas de nochebuena de sol, con cuatro repeticiones en cada muestreo. Se evaluaron así en tres etapas fenológicas: desarrollo vegetativo (120-190 d), período inductivo (191-210 d) y

desarrollo de brácteas (211- 240 d). Con los datos de materia seca y concentración nutrimental se calcularon los contenidos de macronutrientes para obtener las curvas de extracción y tasas de absorción nutrimental con el programa SigmaPlot® 12.5, (Systat, 2010) mediante un modelo polinomial cuadrático.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acumulación de materia seca

En la estaca, raíz, tallo y hoja la materia seca se incrementó durante el desarrollo vegetativo, inductivo y desarrollo de brácteas en ambas variedades de nochebuena de sol (Cuadros 1 y 2). Al final del ciclo la var. Rehilete acumuló 17.5 % más materia seca que la var. Valenciana. En la etapa de inducción a los 200 d después de la plantación (ddp), la variedad Rehilete tenía 62.8 y la variedad Valenciana 60.1 % del total de su materia seca. En nochebuena Supjibi, Whipker y Hammer (1997) reportaron que la mayor acumulación de materia seca ocurre después de la etapa vegetativa, similar a lo que se registró en el presente estudio.

En Valenciana el orden de distribución de materia seca entre los órganos fue: tallo>estaca>bráctea>raíz>infloresce

ncia>bractéola>hoja, mientras que en Rehilete fue: tallo>estaca>raíz>bráctea>bractéola>hoja>inflorescencia (Cuadro 2). En ambas variedades el tallo y la estaca fueron los órganos más importantes en la acumulación de materia seca al final del ciclo, probablemente debido a que permiten mayor almacenamiento de nutrientes y carbohidratos (Ku y Hershey, 1997).

En estas dos variedades nativas de nochebuena, las hojas fueron los órganos que perdieron peso después de la etapa inductiva, al final del ciclo (240 ddp) tenían la mitad de su máxima materia seca registrada a los 200 ddp, lo cual se debe a la abscisión de hojas en la senescencia. Las brácteas acumularon mayor materia seca en Valenciana que en Rehilete al final del ciclo, debido a que las brácteas de Valenciana son de mayor tamaño. Las inflorescencias y bractéolas fueron los órganos que menor materia seca presentaron al final del ciclo en ambas variedades, porque son los órganos de menor tamaño.

Extracción nutrimental

La extracción de los macronutrientes N, P, K, Ca y Mg tuvo un incremento cuadrático durante el periodo de evaluación, en ambas variedades. El orden de extracción total

Cuadro 1. Acumulación de materia seca por órgano en plantas de nochebuena de sol variedad Valenciana.

Etapa	(g/planta)								Total	%
	DDP	Estaca	Raíz	Tallo	Hoja	Bráctea	Inf	Bractéola		
Plantación	0	13.9							13.9	22.8
Vegetativa	160	15.1	2.8	1.2	2.4				21.6	35.6
Vegetativa	180	16.2	2.4	3.8	4.9				27.2	44.8
Inductiva	200	18.4	3.8	8.7	5.7				36.5	60.1
Desarrollo	220	19.4	5.6	11.1	2.6	5.3	1.4	0.6	46.0	75.7
de brácteas	240	22.2	6.6	16.4	2.3	8.1	2.6	2.5	60.7	100

DDP: días después de la plantación; Inf: inflorescencia.

Cuadro 2. Acumulación de materia seca por órgano en plantas de nochebuena de sol variedad Rehilete.

Etapa	(g/planta)								Total	%
	DDP	Estaca	Raíz	Tallo	Hoja	Bráctea	Inf	Bractéola		
Plantación	0	13.1							13.1	17.8
Vegetativa	160	14.1	1.5	1.5	2.5				19.5	26.5
Vegetativa	180	20.3	3.7	4.6	5.4				33.9	46.1
Inductiva	200	20.9	5.6	12.2	7.5				46.3	62.8
Desarrollo	220	22.9	7.0	17.8	5.3	6.8	2.3	1.1	63.2	85.8
de brácteas	240	29.2	9.5	19.3	3.0	6.9	2.4	3.4	73.6	100

DDP: días después de la plantación; Inf: inflorescencia.

de los macronutrientes fue el mismo en ambas variedades de nochebuena de sol: $N > K > Ca > Mg > P$ (Figura 1). Tal patrón de extracción de los macronutrientes indica que la absorción nutrimental estuvo relacionada con la curva de crecimiento de la planta; datos similares se han reportado también en *Dendranthema x grandiflorum* (González y Bertsch, 1989) y *Fragaria x ananassa* (Avitia et al., 2014).

En total se extrajeron 947 y 1269 mg/planta de N en Valenciana y Rehilete, respectivamente (Figura 1). Entre 55 y

57 % del total de N se extrajo durante el crecimiento vegetativo, entre 13 y 21 % en la etapa de inducción, y finalmente en la etapa de desarrollo de brácteas se extrajo entre 22 y 32 % del N restante, de Valenciana y Rehilete respectivamente. Scoggins y Mills (1998) indicaron que en la nochebuena Freedom la extracción de N fue de 66.4 % desde la etapa vegetativa hasta la inducción, 24.8 % desde la inducción a la aparición de la yema floral, y 8.7 % desde la yema floral visible hasta la antesis.

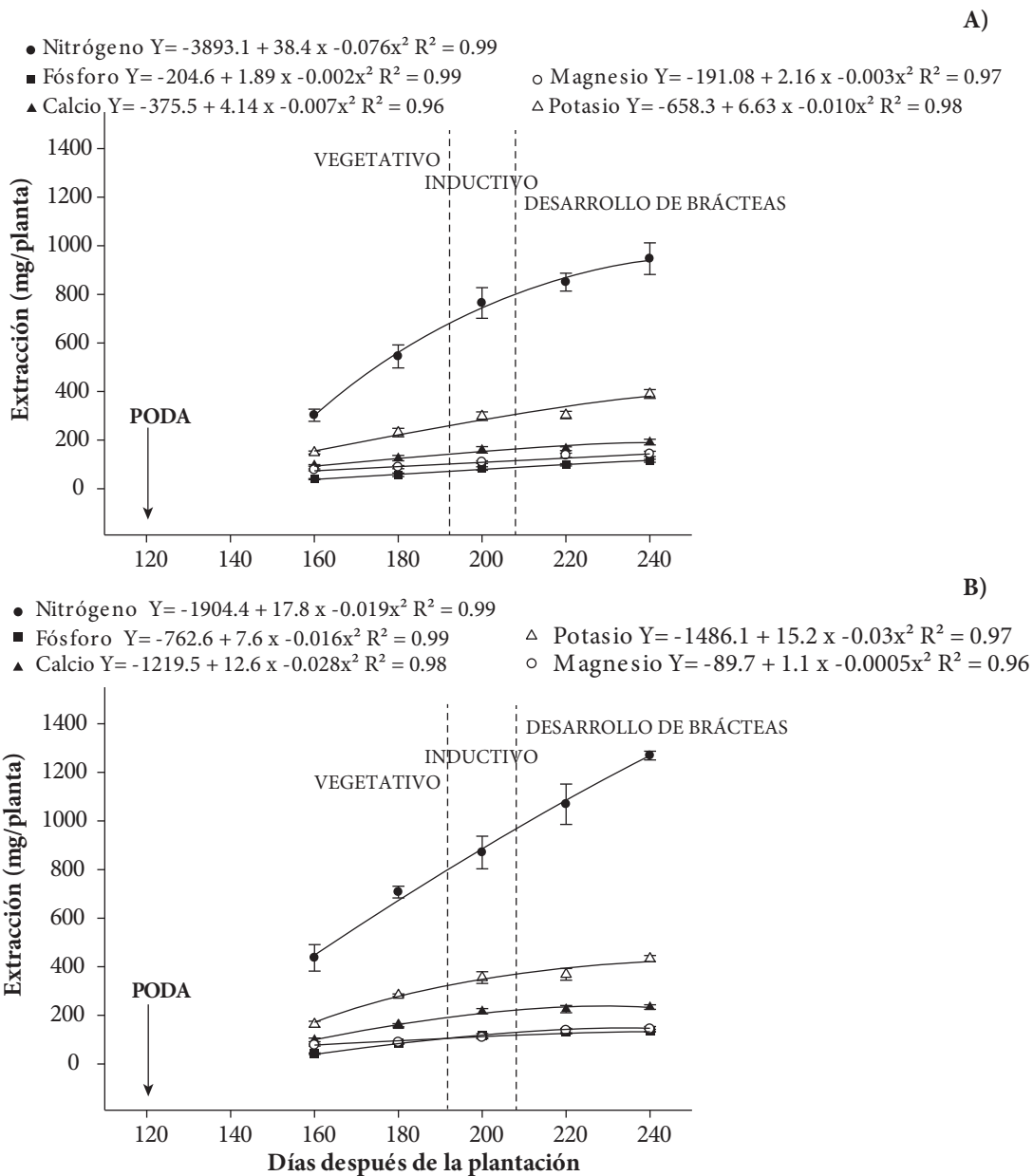


Figura 1. Extracción nutrimental de N, P, K, Ca y Mg en nochebuena de sol (A) Valenciana, (B) Rehilete. Cada punto representa la media de cuatro observaciones y su error estándar por elemento.

En nochebuena de sol las proporciones de extracción son diferentes, ya que en la última etapa aún se presenta absorción importante de N. Estas diferencias se atribuyen a que Freedom es una variedad que desarrolla sus brácteas antes de la anthesis (Ecke *et al.*, 2004), en tanto que Valenciana y Rehilete desarrollan sus brácteas a una menor velocidad. En la etapa de inducción y desarrollo de brácteas Valenciana extrajo 10 % más N que Rehilete (Figura 1). De acuerdo con Cresswell y Weir (1997), las plantas tienen diferentes necesidades de N, lo que generalmente se debe a que las plantas que crecen más rápido tienen mayores requerimientos. En el presente trabajo, Rehilete presentó mayor acumulación de materia seca, creció más rápido y mostró mayor extracción de N (Cuadro 2).

El K fue el segundo elemento de mayor extracción durante el desarrollo de Valenciana y Rehilete, del cual se extrajeron 390 y 433 mg/planta en total, respectivamente (Figura 1). El período de mayor extracción fue durante el desarrollo vegetativo con valores entre 59 y 65 %, en tanto que en la etapa de inducción se extrajo 17 %, y en desarrollo de brácteas entre 15 y 24 %, para Valenciana y Rehilete, respectivamente. Según Scoggins y Mills (1998), en nochebuena Freedom la absorción de K fue de 34 y 13 % en etapas similares a las evaluadas en el presente experimento; concluyeron que la mayor absorción de K fue entre la inducción y aparición de la yema floral, a diferencia de Valenciana y Rehilete, en las cuales la mayor extracción fue en el desarrollo vegetativo.

Aproximadamente 61 % del Ca y Mg total, se extrajeron en la etapa de crecimiento vegetativo por ambas variedades, 24 % en la etapa de inducción, y 15 % en la etapa de desarrollo de brácteas (Figura 1). Similar comportamiento reportaron Scoggins y Mills (1998) en nochebuena Freedom. La concentración de Ca y Mg en Valenciana fue de 192 y 143 mg/planta, en tanto que Rehilete extrajo 234 y 153 mg/planta. Rehilete extrajo 10 % más Ca que Valenciana, y ambas variedades extrajeron mayor cantidad de Ca que Mg. Por su parte, Whipker y Hammer (1997) determinaron que Ca es uno de los elementos de mayor consumo en la nochebuena Supjibi durante el desarrollo, después del N, K y P. En Valenciana y Rehilete el Ca fue el tercer elemento de mayor extracción. Aquí cabe destacar que los productores de nochebuena de sol no aplican Ca y Mg al cultivo, por lo que la demanda de estos elementos no es satisfecha, y por ello sus plantas pueden presentar problemas fisiológicos; sería entonces conveniente incluir a Ca y Mg en la nutrición de nochebuena de sol.

El P fue el elemento de menor acumulación en ambas variedades de nochebuena de sol. En total fueron 115 y 137 mg/planta de P extraídos por Valenciana y Rehilete, respectivamente, durante todo el ciclo del cultivo (Figura 1).

Tasas de absorción

Las tasas de absorción de N durante la etapa vegetativa e inductiva, fueron entre 8.1 y 13.5 mg/planta por día en ambas variedades, y Rehilete fue la variedad que absorbió mayor cantidad de N (Figura 2 A). Rehilete mantuvo los requerimientos diarios de N durante la etapa del desarrollo de brácteas entre 9.9 y 11.2 mg/planta por día, contrario a Valenciana que en esa misma etapa disminuyó la absorción hasta 4.3 y 4.8 mg/planta por día. En la nochebuena Celebrate 2, Rose y White (1994) indicaron que la mayor materia seca y área de hojas se obtuvieron cuando se aplicaron dosis altas de N en la etapa de desarrollo vegetativo y dosis medias en la etapa inductiva, lo que coincide con lo observado en el presente estudio en Valenciana, pero no en Rehilete cuyos requerimientos de N se mantienen durante el desarrollo de brácteas.

La tasa de absorción de P fue mayor en Rehilete durante el desarrollo vegetativo en comparación con Valenciana (2.0 y 1.2 mg/planta por día, respectivamente); en la etapa de inducción y desarrollo de brácteas la tasa de absorción fue menor en ambas variedades (Figura 2 B). También Khandan y Schenk (2009) determinaron que el máximo consumo de P disminuye con la edad en la nochebuena Premium Red.

La tasa de absorción del K en ambas variedades de nochebuena fue similar. En la etapa del desarrollo vegetativo se determinó la mayor absorción, entre 4.3 y 5.9 mg/planta por día, luego en desarrollo de brácteas disminuyó hasta 0.6 y 0.9 mg/planta por día, y en el último muestreo de la etapa de desarrollo de brácteas la absorción se incrementó hasta 3.0 y 3.9 mg/planta por día para Valenciana y Rehilete respectivamente (Figura 2 C). El K fue el elemento de mayor absorción después del N, probablemente por su importancia como agente osmótico en la planta (Epstein y Bloom, 2005). En nochebuena Supjibi la mayor absorción de K fue menor en la etapa vegetativa que durante la inducción y el desarrollo de brácteas (Whipker y Hammer, 1997). En *Anthurium andraeanum*, Dufour y Guérin (2005) señalaron que en la fase de floración el suministro de K debe ser alto para obtener flores de calidad. En nochebuena no se ha evaluado el efecto del K en la calidad de la planta.

La tasa de absorción de Ca en la etapa vegetativa e inductiva fue 100 % mayor en Rehilete que en Valenciana (Figura 2 D). En la etapa de desarrollo de brácteas la tasa de absorción disminuyó entre 2 y 6 veces con respecto a la absorción en la etapa vegetativa en Valenciana y Rehilete respectivamente. El Ca fue el tercer elemento de mayor importancia, que durante el desarrollo de brácteas presentó la mínima absorción en ambas variedades. Según Whipker y Hammer (1997), la absorción de Ca se incrementa durante

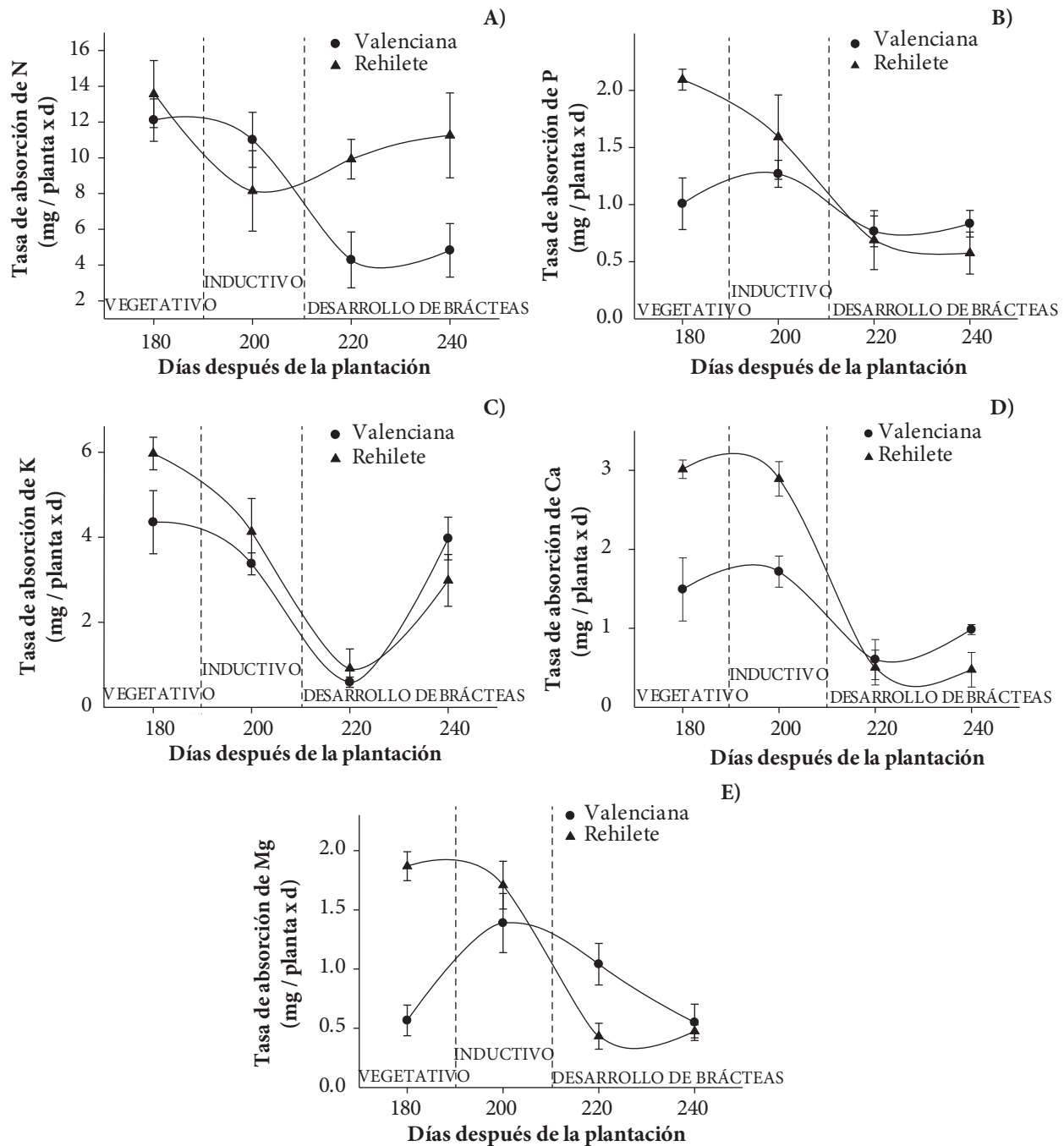


Figura 2. Tasas de absorción de nitrógeno (A), fósforo (B), potasio (C), calcio (D) y magnesio (E) en dos variedades de nochebuena de sol. Valenciana y Rehilete. Cada punto representa la media y su error estándar de la tasa de absorción.

el desarrollo vegetativo y se mantiene constante durante el resto del desarrollo de nochebuena Supjibi. El Ca cumple funciones estructurales y juega un papel fundamental en la estabilidad de la membrana e integridad celular, de manera que las deficiencias de Ca incrementan la susceptibilidad a la necrosis marginal de hojas y brácteas (Ecke *et al.*, 2004).

El Mg fue absorbido en mayor proporción por Rehile-

te (1.8 mg/planta por día) durante el desarrollo vegetativo, que Valenciana (0.5 mg/planta por día) (Figura 2 E). En la etapa de inducción Rehilete mantuvo la absorción en niveles similares a la etapa vegetativa (1.7 mg/planta por día), en tanto que en Valenciana la absorción de Mg se incrementó en 2.4 veces. Finalmente, en la etapa de desarrollo de brácteas la absorción de Mg en Rehilete disminuyó entre 3.6 y 3.9 veces comparada con la etapa de inducción, mientras

que en Valenciana la absorción disminuyó entre 1.3 y 2.5 veces. Un comportamiento similar reportaron Whipker y Hammer (1997) en la nochebuena Supjibi.

Galindo *et al.* (2012) indicaron que algunos productores de nochebuena de sol crecida en bolsas de 4 L, no aplican Mg para el desarrollo de la planta, por lo que se puede presentar deficiencias del elemento que se manifiestan como una clorosis intervenal en hojas viejas (Ecke *et al.*, 2004). En el presente trabajo resultaron bajos los niveles de este elemento, el cual mostró una dinámica de absorción variable a través del ciclo del cultivo, y el Mg es necesario para obtener plantas de calidad de nochebuena de sol como componente de las moléculas de clorofila que proporcionan el color verde al follaje.

Los resultados de este estudio indican claras diferencias varietales en la acumulación y distribución de biomasa, y en requerimientos nutrimentales. Así, de los nutrimentos N, P y K la var. Valenciana necesita 947, 115 y 390 mg/planta, y la var. Rehilete requiere 1269, 137 y 433 mg/planta, para completar el ciclo productivo y obtener buena calidad de planta. Al respecto, los productores regionales de nochebuena de sol convencionalmente la sobre-fertilizan al aplicar 7200, 4400 y 8600 mg/planta de N, P y K respectivamente (Galindo *et al.*, 2012). En contraste, los productores regionales no suministran Ca ni Mg durante el ciclo productivo, por lo que no satisfacen la demanda de estos elementos esenciales para la planta. Por ello la información de este estudio es relevante para mejorar la nutrición mediante el suministro óptimo de macronutrimentos, y a la vez lograr un ahorro importante en los costos en fertilizantes y reducir la contaminación de agua y suelo.

CONCLUSIONES

La nochebuena de sol presentó alta demanda de N y K después de la poda realizada, en la etapa vegetativa. El elemento extraído en mayor cantidad en las variedades Valenciana y Rehilete fue el N, seguido del K, Ca, Mg y P. A partir de la etapa inductiva se presentó la mayor acumulación de biomasa en ambas variedades. Rehilete extrajo mayor cantidad de macronutrimentos que Valenciana. La mayor tasa de absorción de N, P y K en Rehilete fue en la etapa vegetativa, mientras que en Valenciana la mayor tasa de absorción de P, Ca y Mg en la etapa inductiva.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado número 339771, correspondiente a la beca de doctorado.

BIBLIOGRAFÍA

- Alcántar G. G. y M. Sandoval V. (1999) Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Publicación especial No. 10. SMCS. Chapingo, México. 150 p.
- Avitia G. E., J. Pineda P., A. M. Castillo G., L. I. Trejo T., T. Corona T. y E. Cervantes U. (2014) Extracción nutrimental en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5:519-524.
- Azofeita A. y M. A. Moreira (2005) Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* CV. UCR 589) en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 29:77-84.
- Bremner J. M. (1996) Total nitrogen. In: Methods of Soil Analysis. Part 3 Chemical Methods. D L Sparks (ed.). Soil Science Society of America Book Series. Madison, Wisconsin, USA. pp:1085-1121.
- Bugarín M. R., M. Virgen P., A. Gálvis S., D. García P., T. Hernández M., I. Bojórquez S. y A. Madueño M. (2011) Extracción de nitrógeno en seis especies olerícolas durante su ciclo de crecimiento. *Bioagro* 23:93-98.
- Canul K. J., F. García P., S. Ramírez R. y F. J. Osuna C. (2010) Programa de Mejoramiento Genético de Nochebuena en Morelos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatepec. 34 p.
- Colinas L. M. T. (2009) La nochebuena: Ayer, hoy y mañana. In: Séptimo Simposium Internacional de Viverismo. F. J. Osuna C., F. García P., S. Ramírez R., L. Granada C., D. V. Galindo G. (Comps.). pp:118-123.
- Cresswell G. C. and G. R. Weir (1997) Plant Nutrient Disorders. Ornamental Plants and Shrubs. NSW. Agriculture. Inkata Press. Melbourne, Australia. 273 p.
- Dufour L. and V. Guérin (2005) Nutrient solution effects on the development and yield of *Anthurium andreanum* Lind. in tropical soilless conditions. *HortScience* 105:269-282.
- Ecke P., J. E. Faust, J. Williams and A. Higgins (2004) The Ecke Poinsettia Manual. Ball Publishing. Illinois, USA. 286 p.
- Epstein E. and A. J. Bloom (2005) Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, USA. 400 p.
- Galindo G. D. V., I. Alia T., M. Andrade R., M. T. Colinas L., J. Canul K. y M. J. Sainz A. (2012) Producción de nochebuena de sol en Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4:751-763.
- González P. y Bertsch F. (1989) Absorción de nutrimentos para el crisantemo (*Chrysanthemum morifolium*) var. "Super White" durante su ciclo de vida en invernadero. *Agronomía Costarricense* 13:51-60.
- Khandan M. A. and M. K. Schenk (2009) Characteristics of phosphorus uptake kinetics of poinsettia and marigold. *Scientia Horticulturae* 122:251-257.
- Ku C. S. M. and D. R. Hershey (1997) Growth response, nutrient leaching, and mass balance for potted poinsettia. I. Nitrogen. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122:452-458.
- Quesada R G. y F. Bertsch H. (2013) Obtención de la curva de extracción nutrimental del híbrido de tomate FB-17. *Terra Latinoamericana* 31:1-7.
- Ramos L. C., G. Alcántar G., A. Gálvis S., A. Peña L. y A. Martínez G. (2002) Eficiencia de uso del nitrógeno en tomate de cáscara en fertirriego. *Terra Latinoamericana* 20:465-469.
- Rose M. A. and J. W. White (1994) Nitrogen rate and timing or nitrogen application in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex Klotsz). *Hortscience* 29:1309-1313.
- Scoggins H. L. and H. A. Mills (1998) Poinsettia growth, tissue nutrient concentration, and nutrient uptake as influenced by nitrogen form and stage of growth. *Journal of Plant Nutrition* 21:191-198.
- Steiner A. A. (1984) The universal nutrient solution. In: Proceedings Sixth International Congress on Soilless Culture, Lunteren 1984. pp:633-649.
- Steinmann V. W. (2002) Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Acta Botánica Mexicana* 61:61-93.
- Systat (2010) SigmaPlot® 12. User's Guide. USA. 459 p.

- Trejo L., T. P. Feria A., K. M. Olsen, L. E. Eguiarte, B. Arroyo, J. A. Gruhn and M. E. Olson (2012) Poinsettia's wild ancestor in the Mexican dry tropics: historical, genetic, and environmental evidence. *American Journal of Botany* 99:1146-1157.
- Trejo T. L. I., M. G. Peralta S., F. C. Gómez M., M. N. Rodríguez M., M. A. Serrato C. y A. E. Arévalo B. (2013) Cloruro de sodio sobre biomasa seca y absorción de cationes macronutrientes en cempasúchil (*Tagetes erecta* Linn.) *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5:979-990.
- Valentín M. M. C., R. Castro B., J. E. Rodríguez P. y M. Pérez G. (2013) Extracción de macronutrientes en chile de agua (*Capsicum annum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19:71-78.
- Whipker B. E. and P. A. Hammer (1997) Nutrient uptake in poinsettia during different stages of physiological development. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122:565-573.