

## Rendimiento de raíces tuberosas de *Dahlia variabilis* Wild (Desf.) bajo diferentes prácticas de manejo agronómico

Tuberous root yield of *Dahlia variabilis* Wild (Desf.) under different agronomic management practices

Arenas Julio YR<sup>1</sup>, R Delgado-Martínez<sup>1</sup>, EJ Morales-Rosales<sup>2</sup>, A Laguna-Cerda<sup>2</sup>, O Franco-Mora<sup>2</sup>, E Urbina Sánchez<sup>3</sup>

**Resumen.** La *Dahlia variabilis* es considerada en nuestro país como la flor nacional y su explotación es con fines ornamentales. Estudios recientes han mostrado que las raíces tuberosas de esta especie contienen alrededor de 38 a 53% de su peso seco en un polisacárido de fructosa llamado inulina. El consumo de este compuesto no eleva los niveles de glucosa en la sangre del ser humano, lo que lo convierte en un producto atractivo para la agroindustria. Este hecho ha permitido diversificar la producción de *Dahlia variabilis* y orientar la investigación hacia la producción de sus raíces. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización fosfatada, densidad de plantación y remoción foliar sobre la producción de materia seca de las raíces de *Dahlia variabilis*. En primavera-verano 2009 se establecieron dos experimentos. En el primero, se evaluaron cuatro niveles de fósforo (0, 60, 100 y 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) y cuatro densidades de plantación (2,5; 3,12; 4,16 y 6,25 plantas/m<sup>2</sup>) con arreglo factorial en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. En el segundo, se evaluó la relación fuente-demanda defoliando diversos estratos de la planta. Los tratamientos fueron: t1 sin defoliar, t2 defoliado el estrato inferior, t3 defoliado el estrato intermedio, t4 defoliado el estrato superior, t5 defoliados los estratos inferior e intermedio, t6 defoliados los estratos inferior y superior, t7 defoliados los estratos intermedio y superior, y t8 defoliado completamente; estos tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron diferencias significativas en los factores fósforo y densidad de plantación. La interacción de ambos factores reveló que con 120 kg/ha de fósforo y 6,25 plantas/m<sup>2</sup> se alcanzó la mayor cantidad de materia seca en la raíz (345 g/m<sup>2</sup>). La remoción foliar reveló que los estratos medio e inferior (66%) alcanzaron a satisfacer la demanda impuesta por la raíz.

**Palabras clave:** Fertilización fosfatada; Densidad de plantación; Relación fuente-demanda.

**Abstract.** The *Dahlia variabilis* Wild (Desf.) is considered the Mexican national flower and their exploitation is mainly for ornamental purposes. Recent studies have shown that the tuberous roots dry weight of this species contains from 38 to 53% of a polysaccharide of fructose called inulin. The consumption of this compound does not elevate the levels of glucose in the blood of human beings, making this polysaccharide an attractive product for the food industry. This fact has helped to diversify (1) the production of *Dahlia variabilis* and (2) research towards the production of their roots. The aim of this study was to evaluate the effect of phosphorus fertilization, planting density and leaf removal on dry matter production of roots of *Dahlia variabilis*. In spring-summer 2009, two experiments were established. In the first study, we evaluated four phosphorus levels (0, 60, 100 and 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) and four planting densities (2.5, 3.12, 4.16 and 6.25 plants/m<sup>2</sup>) under a factorial arrangement in a randomized complete block design with four replications. In the second study, the source-sink relationship was evaluated defoliating different plant strata. The treatments were: undefoliated (t1), defoliated the lower stratum (t2), the intermediate stratum defoliated (t3), defoliated the upper stratum (t4), defoliated the lower and middle strata (t5), defoliated the lower and upper strata (t6), defoliated the middle and upper strata (t7), and completely defoliated (t8). These treatments were distributed in a randomized complete block design with four replications. The results showed significant differences in the factors phosphorus and planting density. The highest production of root dry matter (345 g/m<sup>2</sup>) was achieved with 120 kg/ha of phosphorus and 6.25 plants/m<sup>2</sup>. Leaf removal revealed that the middle and lower strata (66%) satisfied the "sink" from the root.

**Keywords:** Phosphate fertilization; Plant density; Sink-source relationship.

<sup>1</sup> Estudiantes de maestría. Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. Km. 15 carretera Toluca – Ixtlahuaca entronque al Cerrillo, C.P. 50200, Toluca, México.

<sup>2</sup> Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento. Universidad Autónoma del Estado de México. Km. 15 carretera Toluca – Ixtlahuaca entronque al Cerrillo, C.P. 50200, Toluca, México.

<sup>3</sup> Centro Universitario Zumpango. Universidad Autónoma del Estado de México. Zumpango, México.

Address Correspondence to: Edgar Jesús Morales-Rosales, km 15 carretera Toluca – Ixtlahuaca entronque al Cerrillo, C.P. 50200, Toluca, México. e-mail: ejmoralesr@uaemex.mx

Recibido / Received 09.VI.2011. Aceptado / Accepted 25.VI.2011

## INTRODUCCIÓN

En México, la *Dahlia variabilis* se produce con fines ornamentales para abastecer el mercado nacional e internacional. Esta especie, originaria del altiplano mexicano, nos ofrece una alternativa diferente para su explotación, ya que su sistema radical almacena una cantidad significativa de inulina (polisacárido de fructosa). Este compuesto se encuentra en la categoría de alimentos no digeribles, por lo que no son asimilados, no proporcionan calorías, y por lo tanto, no incrementan el peso corporal, ni elevan los niveles de glucosa sanguínea en el ser humano (Laguna y Archundia, 2004). Las raíces tuberosas de *Dahlia variabilis* contienen entre 38 y 53% de inulina del total de su peso seco, constituyendo una alternativa para la producción de este polisacárido. Sin embargo, no se cuenta con información orientada hacia aspectos agronómicos y fisiológicos en la producción de raíces tuberosas de esta especie (Laguna y Archundia, 2004).

El manejo agronómico incluye estudios de fertilización, densidad de plantación y relación fuente–demanda. En ese sentido, el fósforo es un elemento químico que estimula el crecimiento de las plántulas y la formación de la raíz. Aunque no existen evidencias sobre el efecto de este elemento sobre la producción de la raíz tuberosa de *Dahlia variabilis*, existen estudios sobre la fertilización fosfatada de esta especie con fines ornamentales. Vidalie (2001) reportó que para tener una buena producción de flor de corte se deben aplicar 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. Otras investigaciones han mostrado el efecto del fósforo en especies donde se cosecha la parte subterránea. Becerra (2002) encontró que los requerimientos de fósforo en *Solanum tuberosum* L. oscilaron entre 40 y 100 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Torres (2008) encontró que la dosis de 80 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> fue óptima para la obtención de minitubérculos en un experimento donde evaluó la fertilización fosfatada (0, 40, 80 y 120 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) en la producción de semillas de *Solanum tuberosum* L.

Una de las prácticas de manejo agronómico que determina la capacidad del cultivo de interceptar recursos es la densidad de plantación. Esta práctica puede llegar a afectar de manera importante la captura y utilización de radiación, agua y nutrientes minerales (Satorre, 1999). El tamaño de la raíz se ve sensiblemente afectado por la densidad de población en *Dahlia variabilis*. La densidad óptima en este cultivo puede variar de acuerdo a la radiación incidente, la cual depende de la latitud y la época del año (Grasso, 2004). Laguna y Valeriano (2004) evaluaron tres densidades de plantación en *Dahlia variabilis* en un experimento realizado en Toluca, México. Estos investigadores encontraron que se obtuvo un rendimiento de raíz de 381,5 g/m<sup>2</sup> (peso fresco) y 154,1 g/m<sup>2</sup> (peso seco) con una densidad de 4,1 plantas/m<sup>2</sup>.

Por otra parte, la remoción o defoliación parcial de la planta modifica el patrón normal de distribución de asimilados hacia los órganos de interés agronómico (Escalante et al., 1995). La remoción foliar se ha utilizado como un método indirecto

para estimar la contribución fotosintética de las hojas al rendimiento. En *Solanum tuberosum* L., Aguilar et al. (2006) indicaron que la formación de tubérculos dependió, entre otras cosas, de la disponibilidad de asimilados y de la capacidad de los tubérculos para acumularlos. Antes de la tuberización, los asimilados se destinan principalmente para desarrollar hojas, tallos y raíces, y la fuerza de la demanda de las hojas es mayor que la de cualquier otro órgano. Esta tendencia cambia con el inicio de la tuberización, ya que a medida que los tubérculos crecen el destino de los asimilados aumenta hacia el tubérculo (Wolf, 1993). En ese sentido, las plantas deben poseer una área foliar suficiente para mantener la tasa de fijación de carbono. Esto es debido a que la tasa de crecimiento de los tubérculos depende de la fotosíntesis neta registrada durante la fase de tuberización (Mora et al., 2006). El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la fertilización fosfatada, densidad de plantación y la remoción foliar sobre la producción de materia seca (biomasa) de las raíces tuberosas de *Dahlia variabilis*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Experimento 1. Fertilización fosfatada y densidad de plantación.** El ensayo se estableció en el ciclo agrícola primavera verano 2009, en Zinacantepec, México, ubicado a 19° 17' N y 99° 44' O. El sitio tiene una altitud de 2750 msnm. El clima es templado subhúmedo, y la temperatura media anual es de aproximadamente 12 °C. La precipitación media anual de 1225 mm, y las lluvias se concentran en los meses de mayo a octubre.

*Conducción del experimento.* Las plántulas de *Dahlia variabilis* fueron seleccionadas de una población procedente de semilla, proporcionadas por el Programa de Mejoramiento Genético de *Dahlia variabilis* de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx). El trasplante se llevo a cabo el 13 de junio de 2009, cuando las plantas tenían dos pares de hojas. El cultivo se estableció bajo condiciones de secano.

Se evaluaron 16 tratamientos: cuatro niveles de fósforo (0, 60, 100 y 120 kg/ha) y cuatro densidades de plantación (6,25; 4,16; 3,12 y 2,5 plantas/m<sup>2</sup>). Como fuente de fósforo se utilizó nitrofoska (12-12-17), empleando 500, 833 y 1000 g/parcela para obtener 60, 100 y 120 kg de fósforo por hectárea. En cada parcela se suministraron 120 kg de nitrógeno (urea: 46% N) y 200 kg de potasio (CIK: 60% K<sub>2</sub>O).

*Variables a evaluar y análisis estadístico.* (1) Tiempo térmico, mediante el método residual de Snyder (1995):  $\Sigma (T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}})/2 - \text{Temperatura base}$ . Durante el ciclo, los datos de temperatura máxima, mínima y precipitación se obtuvieron de la estación meteorológica de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), ubicada a 2 km del sitio de estudio. Como no se tiene información acerca de la temperatura base de *Dahlia variabilis*

se tomó como referencia la temperatura base del cultivo de papa (6 °C: Aguilar et al., 2006); (2) área foliar (AF). Se determinó con un integrador de área foliar modelo Li-COR 3100 y se expresó en cm<sup>2</sup>; (3) peso fresco de raíz (PFR), y (4) peso seco de raíz (PSR). Ambos pesos se registraron en las etapas vegetativa y floración. Para obtener el PSR se utilizó una estufa de aire forzado, sometiendo las muestras a 70 °C hasta alcanzar peso constante. La unidad experimental consistió de cuatro surcos de 4 m de largo, y una separación entre éstos de 0,80 m. La distribución de tratamientos en el campo se llevó a cabo con un diseño de bloques al azar con arreglo factorial, con cuatro repeticiones, utilizando el siguiente modelo (Martínez, 1996):

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + A_j + B_k + (AB)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = es la observación en el nivel de fósforo  $j$  en la densidad de plantación  $k$  en el bloque  $i$ .

$\mu$  = Es la media general verdadera

$\beta_i$  = Es el efecto del bloque  $i$

$A_j$  = Es el efecto del nivel  $j$  de fósforo

$B_k$  = Es el efecto del nivel  $k$  de la densidad de plantación

$(AB)_{jk}$  = Es el efecto de interacción del nivel de fósforo  $j$  en la densidad de plantación  $k$

$\epsilon_{ijk}$  = Es el error experimental de la  $i$   $j$   $k$ -ésima de la parcela.

Para cada variable evaluada se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y cuando las pruebas de  $F$  fueron significativas se realizó una prueba de comparación de promedios de la Diferencia Significativa Honesta (DSH) al 5% nivel de probabilidad.

**Experimento 2. Remoción foliar y biomasa radical.** La investigación se llevó a cabo en el ciclo agrícola primavera verano 2009 en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAE-Méx, ubicada a 19° 23' N y 99° 41' O, a una altitud de 2609 msnm. Esta localidad presenta un clima subhúmedo, con lluvias en verano, una precipitación de 800 mm y temperatura media de 12,7 °C.

*Conducción del experimento.* Las plantas de *Dahlia variabilis* se seleccionaron como en el experimento anterior. El trasplante se realizó el 14 de junio de 2009, utilizando bolsas de polietileno negro de ocho litros, las cuales tenían una mezcla de agrolita, peat moss y tierra de monte en proporción 1:1:1. Las plantas se establecieron bajo condiciones de cielo abierto (solo se colocó un techo de plástico). El riego se realizó manualmente por bolsa; la frecuencia y la cantidad de agua se ajustaron a las necesidades hídricas de las plantas, procurando que éstas se mantuvieran en condiciones estables de humedad (a capacidad de campo). La maleza fue eliminada manualmente.

Los tratamientos evaluados fueron ocho: (t1) sin defoliar, (t2) defoliado el estrato inferior, (t3) defoliado el estrato intermedio, (t4) defoliado el estrato superior, (t5) defoliado los estratos inferior e intermedio, (t6) defoliados los estratos

inferior y superior, (t7) defoliados los estratos intermedio y superior, y (t8) defoliado completamente. Los tratamientos se efectuaron a los 30 días después del trasplante (ddt). No se fertilizó el experimento.

*Variables a evaluar y análisis estadístico.* (1) Área foliar (AF), (2) índice de área foliar (IAF): se estimó mediante la siguiente expresión (Morales et al., 2011):  $IAF = (\text{área foliar/planta}) / (\text{densidad de población}) / \text{área sembrada}$ . Para estimar esta variable, se tomaron tres plantas por tratamiento. Para evaluar la evolución del IAF, se realizaron cuatro muestreos destructivos, y (3) peso seco de raíz: se cosecharon las raíces de cinco plantas y se secaron en estufa de aire forzado a 80 °C hasta peso constante (se expresó en g/planta).

El área experimental fue de 500 m<sup>2</sup>, siendo la unidad experimental una bolsa de polietileno con una planta (20 plantas/tratamiento). La distribución de tratamientos en el campo se llevó a cabo con un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, utilizando el siguiente modelo (Martínez, 1996):

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  = es la observación de la remoción foliar, en el bloque  $i$ .

$\mu$  = Es la media general verdadera

$\beta_i$  = Es el efecto del bloque  $i$

$\tau_j$  = Es el efecto de la remoción foliar  $j$

$\epsilon_{ijk}$  = Es el error experimental de la  $i$   $j$ -ésima de la parcela.

Para cada variable bajo estudio se realizó un ANOVA, y cuando las pruebas de  $F$  resultaron significativas se efectuó la prueba de comparación de medias usando DSH con un nivel de significancia del 5%.

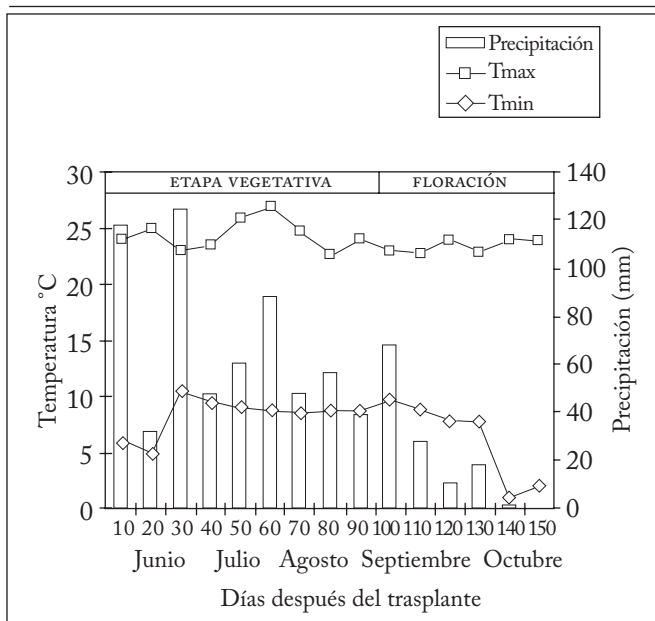
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Experimento 1. Fertilización fosfatada y densidad de plantación.** La lluvia registrada del trasplante a la cosecha fue de 693,8 mm, de los cuales 538,9 ocurrieron en la etapa vegetativa (77,8%), y 154,9 (23%) en la de floración a la cosecha. La temperatura máxima fluctuó entre 22,6 °C y 26,3 °C, y la temperatura mínima entre 1,3 °C y 10,5 °C. La temperatura más baja de 1,3 °C se presentó a finales de la etapa reproductiva, y fue inferior a la temperatura base del cultivo. La temperatura máxima alcanzó valores superiores a los 25 °C en julio y agosto durante la etapa vegetativa (Fig. 1). Bajo estas condiciones, el ciclo del cultivo se desarrolló satisfactoriamente hasta llegar a la cosecha.

Durante el periodo vegetativo (de trasplante a inicio de floración) el cultivo acumuló 679,8 unidades térmicas (UT), mientras que en el periodo reproductivo (de inicio de floración a la cosecha) las UT acumuladas fueron 424,9, totalizando 1104,7 UT. No existen datos acerca del tiempo térmico acumulado en *Dahlia variabilis*. Sin embargo, en otras especies donde se cosecha la parte subterránea como en *Solanum tuberosum* L., Aguilar et al. (2006) reportaron 778 UT en los cultivares comerciales Alpha y Milagros.

**Fig. 1.** Temperaturas mínimas y máximas (promedio decenal) y precipitación (suma decenal), durante la estación de crecimiento de *Dahlia variabilis* en Zinacantepec, México, durante 2009.

**Fig. 1.** Minimum and maximum temperatures (decennial mean) and rainfall (decennial sum), during the growing period of *Dahlia variabilis* in Zinacantepec, México, during 2009.



El análisis de varianza reveló que para el factor fósforo existieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en todas las variables evaluadas. Las densidades de plantación mostraron diferencias altamente significativas ( $p < 0,05$ ) en las variables AF, PFR y PSR en ambas etapas fenológicas. La interacción fósforo  $\times$  densidades de plantación ( $P \times D$ ) fue significativa ( $p < 0,05$ ) en las variables PFR y PSR en la etapa de floración (Tabla 1).

En estado vegetativo, con el suministro de 100 kg/ha de  $P_2O_5$  se obtuvieron los mayores promedios en las variables AF (9655  $cm^2$ ) y PSR (52,3  $g/m^2$ ). Esas cantidades superaron al testigo sin fertilizante en 80,9% y 46,8%, respectivamente. Lo anterior coincide con lo encontrado por La Casa et al. (2008) en *Solanum tuberosum* L. Estos autores informaron que la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa es mayor a medida que se incrementa el área foliar. Como resultado, el rendimiento de los tubérculos se incrementó en forma significativa.

En floración, el nivel de fertilización de 120 kg/ha evidenció los promedios más elevados en las tres características evaluadas (Tabla 1), destacando el PSR, cuyo valor superó en 76,1; 48,8 y 34,2% al testigo sin fertilizante y a los niveles de fertilización de 60 y 100 kg/ha, respectivamente. Estos resultados contrastan con los reportados por Becerra et al. (2002) quienes no encontraron diferencias estadísticas significativas en la producción del tubérculo al evaluar el efecto de niveles de fósforo (50 y 100 kg/ha) sobre el rendimiento de papa cv. Nariño.

**Tabla 1.** Efecto de cuatro niveles de fósforo y cuatro densidades de plantación en el área foliar, peso fresco y peso seco de la raíz de *Dahlia variabilis* en Zinacantepec, México, durante 2009. Letras diferentes en la misma columna para cada factor de estudio indican diferencias significativas al  $p < 0,05$ .

**Table 1.** Effect of four phosphorus levels and four plant densities on leaf area, fresh weight and dry weight of the root of *Dahlia variabilis* in Zinacantepec, México, during 2009. Different letters in the same column for each study factor indicate significant differences at  $p < 0.05$ .

Factor	Etapa vegetativa			Floración		
	AF ( $cm^2$ )	PFR ( $g/m^2$ )	PSR ( $g/m^2$ )	AF ( $cm^2$ )	PFR ( $g/m^2$ )	PSR ( $g/m^2$ )
0	1847 bc	71,9 b	27,8 c	470 c	93,1 c	63,2 c
60	5415 b	109,5 ab	45,5b	2713 b	267,3bc	135,3bc
100	9655 a	102,1 ab	52,3 ab	6163 a	343,9 b	173,9ab
120	9207 a	104,8 ab	48,8 b	7581 a	665,8 a	264,3 a
DSH <sub>(0,05)</sub>	2864,3	37,6	15,7	1995,5	234,1	92,7
2,5	3505,9 d	50,2 c	23,9 c	1638 b	234,9 d	119,7 c
3,12	5155 c	72,63 c	35,5 c	2662 b	308,2 c	129,9 c
4,16	7310,6 b	117,6 b	52,2 b	3564 b	372,6 b	171,4 b
6,25	10152,3 a	168,1 a	82,9 a	9064 a	454,5 a	214,8 a
DSH <sub>(0,05)</sub>	1530,9	29,3	13,1	2325,3	51,8	24,2
Anova						
Fósforo	12,3*	2,9*	7,5*	21,0*	7,9*	6,2*
Densidad	20,6**	18,52**	22,3**	11,8**	19,1**	18,9**
$P \times D$	2,1ns	0,5ns	0,9ns	2,1ns	4,4*	2,3*

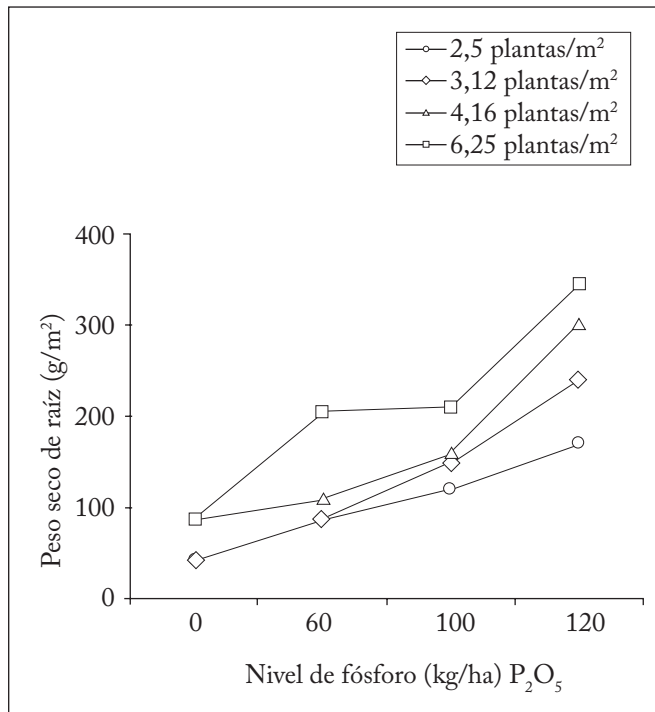
En ambas etapas fenológicas, la densidad de plantación de 6,25 plantas/ $m^2$  presentó los máximos valores en todas las variables en estudio. En estado vegetativo el PSR superó en 44,5% a la densidad de 2,5 plantas/ $m^2$ ; en 39,5% a la densidad de 3,12 plantas/ $m^2$  y en 19% a la densidad de 4,16 plantas/ $m^2$  (Tabla 1). En floración, se obtuvo la mayor producción de PFR (454,5  $g/m^2$ ) y PSR (214,8  $g/m^2$ ); estos resultados superaron a los encontrados por Laguna y Valeriano (2001), quienes encontraron que con una densidad de 4,16 plantas/ $m^2$  se obtuvo el máximo rendimiento en peso fresco (381,5  $g/m^2$ ) y peso seco de raíz (154,1  $g/m^2$ ) al evaluar tres densidades de plantación en *Dahlia variabilis*. Otras investigaciones revelaron que al incrementar sustancialmente el número de plantas por metro cuadrado (sin llegar a la competencia por los recursos para la producción agrícola) aumentó el rendimiento (Arismendi, 2002: en *Solanum tuberosum* L.; Grasso et al., 2004: en *Solanum lycopersicum* Mill).

A medida que se incrementaron los niveles de fósforo y las densidades de plantación, aumentó el peso seco de la raíz (Fig. 2). El peso seco de raíz más elevado (345  $g/m^2$ ) se obtuvo con 120 kg de  $P_2O_5$  y una densidad de 6,25 plantas/ $m^2$ , superando a las densidades de 2,5; 3,12 y 4,16 plantas/ $m^2$  en 50,4%, 30,4% y 12,6%, respectivamente. Estos resultados concuerdan con el estudio de Arismendi (2002). Este autor encontró el

rendimiento más elevado (18,7 t/ha) en *Solanum tuberosum* L. utilizando una densidad de plantación de 6,25 plantas/m<sup>2</sup> y una cantidad de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 150 a 200 kg/ha.

Fig. 2. Efecto de la interacción de cuatro niveles de fósforo y cuatro densidades de plantación en el peso seco de la raíz de *Dahlia variabilis* en Zinacantepec, México, durante 2009.

Fig. 2. Interaction effect of four phosphorus levels and four plant densities on root dry weight of *Dahlia variabilis* in Zinacantepec, México, during 2009.



**Experimento 2. Remoción foliar y biomasa radical.** El tratamiento sin defoliación (t1) alcanzó su máximo valor de IAF (1,3) a los 30 ddt, pero mantuvo constante su índice hasta los 60 ddt (Fig. 3). Los demás tratamientos presentaron los valores más altos a los 60 ddt; se destacan t7 (defoliación de los estratos medio y superior) y t4 (defoliación del estrato superior) con valores de 1,2 y 1,1, respectivamente. En estos tratamientos, las hojas estaban más expandidas.

En relación al PSR, la acumulación de materia seca siguió una tendencia similar al IAF (Fig. 4). Los valores fueron aumentando al transcurrir el tiempo del trasplante hasta alcanzar el máximo a los 90 ddt. En ese sentido, los tratamientos t1 (sin defoliar), t6 (defoliación del estrato superior e inferior), t7 (defoliación del estrato medio y superior) y t4 (defoliación del estrato superior) presentaron los valores más altos en esta variable con: 85,5; 68,5; 64,8 y 61,5 g/planta, respectivamente. El tratamiento t8 (totalmente defoliado) presentó una disminución de 95,5% en el peso seco de raíz con relación al tratamiento sin defoliación (t1). Los resultados anteriores sugieren que cuando la defoliación se realiza a los 30 ddt, la demanda

Fig. 3. Variación del índice de área foliar en *Dahlia variabilis* a través del tiempo durante 2009. El Cerrillo, México. DSH = Diferencia significativa honesta a p<0,05.

Fig. 3. Variation of the leaf area index of *Dahlia variabilis* over time during 2009. El Cerrillo, Mexico. HSD = Honestly significant difference test at p<0.05.

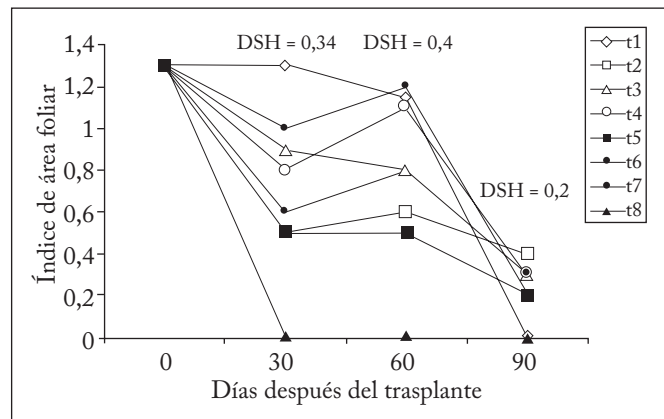
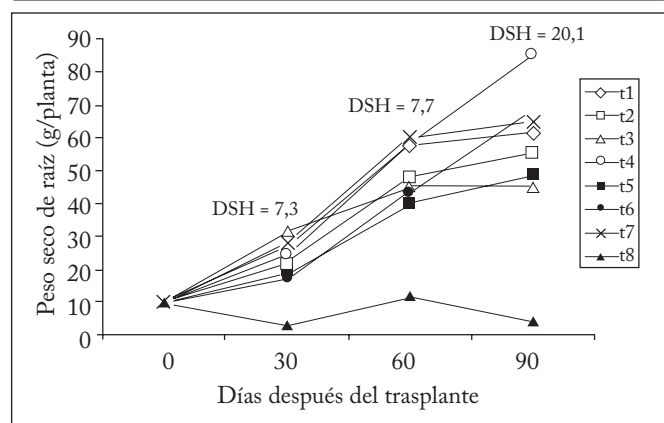


Fig. 4. Variación del peso seco de la raíz de *Dahlia variabilis* a través del tiempo durante 2009. El Cerrillo, México. DSH = Diferencia significativa honesta a p<0,05.

Fig. 4. Variation of root dry weight of *Dahlia variabilis* over time during 2009. El Cerrillo, Mexico. HSD = Honestly significant difference test at p<0.05.



representada por la raíz tuberosa de *Dahlia variabilis* se cubre con el 66% del área foliar, siendo los estratos medio e inferior los más importantes. Además, cuando se hace la remoción total de las hojas de *Dahlia variabilis*, la materia seca de raíz se abate completamente. Resultados similares obtuvieron Escalante et al. (1995). Estos autores encontraron que la demanda representada por las vainas y semillas en crecimiento pudo ser cubierta con aproximadamente el 66% del área foliar al realizar remoción foliar en frijol cv. Michoacán 12-A-3. Además, hallaron que este cultivar puede tolerar una defoliación del 33% antes que sean afectados los componentes del rendimiento y la producción de semilla. Cuando la planta se defolió completamente, el peso seco de raíz se redujo en 93,7%, respecto al tratamiento sin remoción foliar.

## CONCLUSIONES

El tiempo térmico acumulado desde el trasplante hasta la cosecha fue de 1104,7 unidades térmicas. Asimismo, con la adición de 120 kg/ha de  $P_2O_5$  se logró un peso seco de raíz de 264,3 g/m<sup>2</sup>. La densidad de plantación adecuada para el cultivo de *Dahlia variabilis* fue de 6,25 plantas/m<sup>2</sup>, ya que con esta cantidad de plantas se alcanzó el mayor peso seco de raíz con 214,8 g/m<sup>2</sup>. La interacción fósforo × densidad de plantación evidenció que con el suministro de 120 kg/ha de  $P_2O_5$  y una densidad de plantación de 6,25 plantas/m<sup>2</sup> se alcanzó el mayor peso seco de raíz con 345 g/m<sup>2</sup>. La remoción foliar de los diferentes estratos de *Dahlia variabilis* reveló que los estratos medio e inferior (66%) fueron suficientes para satisfacer la demanda impuesta por la raíz. Cuando el vegetal se defolió completamente, el peso seco de la raíz se redujo en 95,5% en relación al testigo sin remoción foliar. Por otra parte, nuestra intención fue diversificar la explotación de nuestra flor nacional, ya que la raíz de esta especie es potencialmente una fuente atractiva de ingreso económico hacia los productores por su alto contenido de inulina. Se están efectuando investigaciones para generar un paquete tecnológico que permita incrementar el rendimiento de materia seca de raíz y en consecuencia el contenido de inulina.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por financiar los estudios de postgrado de Yasmani Rafael Arenas Julio y Rafael Delgado Martínez. A la Universidad Autónoma del Estado de México por el apoyo en recursos humanos e instalaciones.

## REFERENCIAS

- Aguilar L.M.G., J. Carrillo, A. Rivera y V. González (2006). Análisis de crecimiento y relaciones fuente-demanda en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 29: 145-156.
- Arismendi, L.G. (2002). Investigación sobre el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en el oriente de Venezuela. *Revista Agrícola* 2: 1-7.
- Becerra, S.L.A. (2002). Efecto de los niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento del cultivar 'Criolla Guaneña' en el departamento de Nariño. *Revista Latinoamericana de la Papa* 14: 51-60.
- Escalante, E.A.J., V. Martínez, M.T. Rodríguez y J. Kohashi (1995). Relaciones fuente demanda en fríjol. I. Efecto de la remoción foliar sobre los componentes del rendimiento. *Revista Fitotecnia Mexicana* 18: 54-60.
- Grasso, R., A. Muguero, J. Ferratto, M.C. Mondino y A. Longo (2004). Efecto de la época y de la densidad de plantación sobre la productividad del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero. *Revista Ciencias Agrarias* 3: 7-11.
- La Casa, A., G. Ovando, L. Bressanini, y J. Martínez (2008). El índice de área foliar en papa estimado a partir de la cobertura del follaje. *Agronomía Tropical* 50: 61-64.
- Laguna, C.A. y G.E. Archundia (2004). Evaluación de la productividad de raíces tuberosas de dalia para la obtención de inulina. Coloquio de Investigación, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México, 58 p.
- Mora, A.R., C.J. Ortiz, P.A. Rivera, C.M. Mendoza, L.M. Colinas y S.H. Lozoya (2006). Índices de eficiencia de genotipos de papa establecidos en condiciones de secano. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12: 85-94.
- Martínez, G.A. (1996). Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría. Ed. Trillas, México, 756 p.
- Morales, R.E.J., O. Franco y A. González (2011). Snap bean production using sunflowers as living trellises in the central high valleys of Mexico. *Ciencia e Investigación Agraria* 38:53-63.
- Satorre, E.H. (1999). Plant density and distribution as modifiers of growth and yield. En: Satorre, E.H. and Slafer, G.A. (eds), pp. 141-159. *Ecology and Physiology of Yield*. The Haworth Press, Inc. New York, USA. 340 p.
- Torres, P.H. (2008). Fertilización fosfórica en mini tubérculos de papa para semilla. Folleto técnico 1: 1-6. Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales. Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.
- Vidalie, H. (2001). Producción de flores y plantas ornamentales. Ed. Mundi Prensa, México, 269 p.
- Wolf, S. (1993). Effect of leaf age on photosynthesis, carbon transport and carbon allocation in potato plants. *Potato Research* 36: 253-262.