

CONCENTRACIÓN FOLIAR DE MACRONUTRIENTES EN DIFERENTES ETAPAS FENOLÓGICAS DEL LITCHI cv. BREWSTER

Circe Aidín Aburto-González, Gelacio Alejo-Santiago, Leobarda Guadalupe Ramírez-Guerrero y Rufo Sánchez-Hernández

RESUMEN

Se evaluó la dinámica macronutricional en árboles de litchi cv. Brewster a través del muestreo foliar en diferentes etapas fenológicas, desde el inicio de la floración hasta un mes después de la cosecha. La altura promedio de los árboles fue 4,5m; se fertilizó por fertirriego con 600g de N, 240g de P₂O₅ y 900g de K₂O (árbol/año); y se manejaron con práctica de anillado y poda. Los resultados indican que hay variaciones significativas en la concentración foliar de fósforo, potasio y magnesio en las diversas etapas fenológicas. Los niveles más altos, se encuentran en la etapa vegetativa (P= 0,14%; K=

0,87% y Mg= 0,26%), mientras que los niveles más bajos se registraron al comienzo de la etapa de floración (P= 0,11%; K= 0,77% y Mg= 0,20%). Se concluye que el momento crítico o de alta demanda nutricional en el cultivo es en la etapa de floración. El fósforo tuvo dos momentos de alta demanda, al comienzo de la floración y al comienzo de la formación de frutos, mientras que N y Ca, no tuvieron variación significativa entre etapas fenológicas. La producción promedio de frutos fue de 45kg por árbol, un rendimiento aceptable para árboles de este tamaño.

Introducción

La variación de nutrientes en hojas es muy común en árboles frutales (Chetri *et al.*, 1999; Benitez-Pardo *et al.*, 2003) y depende de las etapas fenológicas. Menzel *et al.* (1992a) mencionan que en el cultivo de litchi, los macronutrientes se encuentran en sus niveles más bajos cuando el árbol está en la etapa de amarre de frutos; mientras que en mango, el fósforo se encuentra en su nivel más bajo en la madurez del fruto, el nitrógeno en el desarrollo del fruto y el potasio en la etapa de brotación vegetativa (Benitez-Pardo *et al.*, 2003). Es importante el monitoreo de la concentración nutricional foliar en los frutales, ya que, entre 40 y 80% de los nutrientes que contiene el árbol se

encuentra en las hojas (Menzel y Simpson, 1992) y hasta el 77% de los mismos son responsables del crecimiento vegetativo inmediato (Muñoz *et al.*, 1993); esto se debe al nivel de actividad metabólica que se da en las hojas, por lo que es importante conocer la concentración de nutrientes en este órgano a través de las etapas fenológicas, para así elaborar programas de nutrición con mayor precisión, mediante el conocimiento de los momentos críticos de demanda nutricional.

La información referente a la velocidad con que se mueven los nutrientes una vez que son absorbidos por el sistema radical en el caso de especies perennes y en específico para frutales, es limitada. En algunos frutales se han evaluado dosis elevadas de los nutrien-

tes con el fin de lograr un incremento en la concentración nutricional foliar; sin embargo, no se han observado resultados significativos. En naranja valencia se aplicó, durante tres años, una dosis anual equivalente a 3.0kg de K₂O por árbol, utilizando diferentes fuentes fertilizantes y no se registró diferencia significativa en concentración foliar de potasio (Opazo y Razeto, 2001). La variación nutricional es evidente en los frutales; sin embargo, es importante identificar qué nutrientes son los que registran mayor variación. Las investigaciones en análisis foliar han concluido que para la obtención de datos que permitan la elaboración del plan de nutrición es importante tomar en cuenta la edad de la hoja (Koo y Young, 1972; Guzmán, 1988), la posición de la hoja

(Koo y Young, 1972), el punto cardinal y posición en la copa de los árboles (Chadha *et al.*, 1980). Se conocen valores de concentración nutricional en diversos cultivos a las que se considera óptimos; sin embargo, es muy importante la obtención de valores acordes a las etapas fenológicas (Menzel *et al.*, 1991). El contenido mineral en los árboles varía con el material genético (Young y Koo, 1969). En este sentido es necesario identificar el nivel de variación que registra el litchi (*Litchi chinensis* Sonn) cv. 'Brewster' por ser la variedad que ocupa más superficie cultivada en México.

Materiales y Métodos

La parcela experimental se ubicó en el ejido denominado 'Cerro del Tigre'. Se trata de

PALABRAS CLAVE / Árboles Frutales / Dinámica Macronutricional / Fertigación / Fertilización / Litchi chinensis Sonn / Nutrición Vegetal /

Recibido: 18/08/2016. Modificado: 05/07/2017. Aceptado: 07/07/2017.

Circe Aidín Aburto-González. Ingeniera Agrónoma y M.C. en Ciencias Biológico-Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), México, Docente, UAN, México.

Gelacio Alejo-Santiago. Ingeniero Agrónomo y Doctor en Edafología, Colegio de Posgraduados

(COLPOS). México. Docente-Investigador, UAN, México. Dirección: Unidad Académica de Agricultura, UAN. Km 9 Carretera Tepic-Compostela. 63780, Xalisco, Nayarit, México. e-mail: gelacioalejo@hotmail.com

Leobarda Guadalupe Ramírez-Guerrero. Ingeniera Agrónoma

y Doctora en Recursos Genéticos y Productividad-Fruticultura, COLPOS, México. Docente-Investigadora, UAN, México.

Rufo Sánchez-Hernández. Ingeniero Agrónomo, Instituto Tecnológico Agropecuario N° 28, México. Maestría en Ciencias en Fruticultura y

Doctor en Ciencias en Edafología, COLPOS, México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.

FOLIAR MACRONUTRIENT CONCENTRATION AT DIFFERENT PHENOLOGICAL STAGES OF LITCHI cv. BREWSTER

Circe Aidín Aburto-González, Gelacio Alejo-Santiago, Leobarda Guadalupe Ramírez-Guerrero and Rufo Sánchez-Hernández

SUMMARY

The dynamics of macronutrients in litchi cv. Brewster trees was evaluated through foliar sampling at different phenological stages, from the time of flower initiation until one month after harvest. The average tree height was 4.5m and they were fertilized with 600g of N, 240g of P_2O_5 and 900g K_2O (tree/year) which were applied through fertigation. Girdling was performed on all trees. The results indicate that through the phenological stages there is a significant variation in foliar concentration of phosphorus, potassium and magnesium, which were at their highest levels in the vegetative

stage ($P= 0.14\%$; $K= 0.87\%$ and $Mg= 0.26\%$) while the lowest levels were recorded at the beginning of the flowering stage ($P= 0.11\%$; $K= 0.77\%$ and $Mg= 0.20\%$). We conclude that the critical time or the time of high nutritional demand of the crop is in the flowering stage. Phosphorus had two occasions of high demand, at the beginning of flowering and the beginning of fruit formation, while N and Ca had no significant variation between phenological stages. The average fruit production was 45kg per tree, an acceptable yield for trees of this size.

CONCENTRAÇÃO FOLIAR DE MACRONUTRIENTES EM DIFERENTES ETAPAS FENOLÓGICAS DO LITCHI cv. BREWSTER

Circe Aidín Aburto-González, Gelacio Alejo-Santiago, Leobarda Guadalupe Ramírez-Guerrero e Rufo Sánchez-Hernández

RESUMO

Avaliou-se a dinâmica macro nutricional em árvores de litchi cv. Brewster através da amostragem foliar em diferentes etapas fenológicas, desde o início da floração até um mês depois da colheita. A altura média das árvores foi de 4,5m; se fertilizou por fertirrigação com 600g de N, 240g de P_2O_5 e 900g de K_2O (árvore/ano); e se manejaram com técnica de anelamento e poda. Os resultados indicam que há variações significativas na concentração foliar de fósforo, potássio e magnésio nas diversas etapas fenológicas. Os níveis mais altos, foram encontrados na etapa

vegetativa ($P= 0,14\%$; $K= 0,87\%$ e $Mg= 0,26\%$), enquanto que os níveis mais baixos foram registrados no começo da etapa de floração ($P= 0,11\%$; $K= 0,77\%$ e $Mg= 0,20\%$). Conclui-se que o momento crítico ou de alta demanda nutricional no cultivo é na etapa de floração. O fósforo teve dois momentos de alta demanda, no começo da floração e no começo da formação de frutos, enquanto que N e Ca, não apresentaram variação significativa entre etapas fenológicas. A produção média de frutos foi de 45kg por árvores, um rendimento aceitável para árvores deste tamanho.

un huerto con árboles de litchi cv. Brewster de ocho años de edad, ubicado en $21^{\circ}36' 04''N$ y $104^{\circ}56'47.5''O$, a 700msnm, y que cuenta con sistema de riego por microaspersión. La distribución de los árboles es en marco real con distancia entre árboles $6 \times 6m$, lo que equivale a 277 árboles/ha y la altura promedio de los árboles es de 4,5m. El clima, según Köppen modificado por García (2004), corresponde a un (A) e (W2) a (i), es decir un clima semicálido (subtropical subhúmedo), el más cálido de los templados (c). El régimen pluviométrico es $>1300mm$ anuales, el mes de máxima precipitación es julio con 370-380mm y el de menor incidencia es mayo, $<30mm$. El régimen térmico medio anual varía de 20 a $29^{\circ}C$; los meses más cálidos son junio, julio, agosto y septiembre con una temperatura media de $23-24^{\circ}C$; los más fríos son diciembre y enero con un valor promedio de $16-17^{\circ}C$.

En el huerto en estudio se realizó tanto muestreo foliar de litchi como del suelo. Las muestras de suelo se colectaron a 0,5m de distancia del tronco de los árboles, hasta una profundidad de 40cm, considerando los cuatro puntos cardinales, mediante la utilización de barrenas de muestreo. Una vez colectadas las muestras, se llevaron al laboratorio de análisis de suelo, agua y tejido vegetal de la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit.

El muestreo foliar se realizó en 35 árboles, de acuerdo con Menzel y Simpson (1987). Se muestreó en el mes de septiembre (etapa vegetativa) y a partir del inicio de floración (diciembre) el muestreo se realizó mensualmente hasta el mes de junio (un mes después de la cosecha). Las muestras se depositaron en bolsas de papel estroza y se trasladaron al laboratorio; enseguida se lavaron

cuidadosamente, primero con agua corriente y luego con agua destilada, para luego someterlas a secado en una estufa con aire forzado, a $60^{\circ}C$ durante 48h, hasta obtener un peso constante. Las muestras se molieron en un molino de acero inoxidable y, posteriormente, se procedió a la digestión húmeda como indican Alcántar y Sandoval (1999), utilizando para N mezcla de ácido sulfúrico con ácido salicílico, y para los elementos Ca, Mg, P y K la mezcla de ácido nítrico y ácido perclórico.

Se aplicó la dosis de fertilización N- P_2O_5 - K_2O de 600, 240 y 900 g/árbol, respectivamente; las fuentes fertilizantes fueron nitrato de potasio (12-00-46), fosfato monoamónico (12-61-00) y nitrato de amonio (33,5-00-00). El 15/08/2013, los árboles se anillaron, eliminando un anillo de $\sim 0,8cm$ de ancho en el 70% de ramas de cada árbol; el fertirriego se

inició el 15/01/2014, cuando se observó emisión de brotes reproductivos en 50% de los árboles. Los árboles se regaron dos veces por semana aplicando 50 litros de agua por árbol en cada riego. Esta práctica se suspendió 20 días antes de cosecha, por lo que la dosis se fraccionó en 32 riegos.

Para el control de factores bióticos se realizó una aplicación de Diazinon a razón de $10ml \cdot l^{-1}$, a fin de contrarrestar la presencia de periquito (*Membracis* spp.) al observar su incidencia en el huerto. Se aplicó fungicida dos veces de manera preventiva en la etapa de floración, en intervalos de 15 días, utilizando Benlate a razón de $3,0g \cdot l^{-1}$. Además, se realizaron prácticas culturales tales como la eliminación de maleza y ramas secas en los árboles.

A los resultados se le aplicó análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0,05$).

Resultados y Discusión

Los resultados del análisis químico del suelo donde se localiza el huerto de litchi y del agua que se utilizó para el riego se presentan en la Tabla I. El agua se clasifica como agua CISI según la norma Riverside, por lo que se considera como agua de buena calidad; la concentración nutrimental foliar (%), en los árboles del huerto, al inicio del experimento fue de 1,43 N; 0,14 P; 0,86 K; 1,91 Ca; y 0,26 Mg.

Los resultados acerca de la dinámica nutrimental en hojas de litchi para cada nutriente se presentan a continuación.

Nitrógeno

No se observó variación significativa entre los momentos de muestreo, aunque sí se observó una ligera disminución de este nutrimento en la etapa

de fructificación (1,41%; Figura 1). Este comportamiento concuerda con los resultados de Maldonado *et al.* (2012) quienes reportaron 1,30% como nivel crítico de nitrógeno, después de floración. Menzel *et al.* (1992) señalaron que la concentración foliar de nitrógeno varía dependiendo de la etapa fenológica del cultivo y puede elevarse hasta 1,70% en etapa vegetativa, mientras que en etapa de fructificación puede disminuir a 1,40%. Al inicio de floración y al inicio de la etapa de fructificación, hay una disminución de N en la hoja, lo cual posiblemente se debe a que este nutriente se transloca fácilmente a los puntos de demanda, en este caso hacia yemas reproductivas (diciembre) y posteriormente hacia frutos; una vez que cumple su función en la fecundación o formación de flores inmediatamente se aprecia una recupera-

ción del nivel de N foliar (enero) el cual es drásticamente reducido (marzo) cuando inicia la etapa de fructificación. En términos generales, un abatimiento de la concentración de N entre etapa vegetativa e inicio de floración y entre floración e inicio de fructificación indica que hubo translocación de este nutriente de las hojas a los órganos de producción (Maldonado *et al.*, 2012), respuesta que puede reflejarse en un mayor porcentaje de floración y fructificación (Menzel y Waite, 2005).

La dinámica que se observa en la concentración de N foliar puede ser un indicador para detectar los momentos de mayor demanda. En este sentido, Meléndez y Molina (2002) mencionan que la aplicación de nutrientes en función de la demanda (consecuencia del ciclo fenológico) debería construir la base de la fertilización de los cultivos, muy importante para el cultivo de litchi, el cual ha sido caracterizado como cultivo alternante (Magalhães *et al.*, 2009). Algunos investigadores atribuyen este fenómeno a un desbalance nutrimental ocasionado por un año de alta producción de flor y fruto, mientras que otros lo atribuyen a cuestiones genéticas.

Fósforo

La variación estacional de fósforo foliar entre las fechas de muestreo fue significativa

(Figura 2). En la etapa de fructificación fue cuando se encontró la menor concentración de fósforo, en coincidencia con lo mencionado por Menzel *et al.* (1992), quienes indican que existe una disminución de fósforo entre el periodo de amarre de fruto y la cosecha.

En el presente estudio se observó que existen dos etapas críticas en las cuales disminuye la concentración del nutriente en la hoja, al inicio de floración e inicio de fructificación. Algunas investigaciones indican que la disminución de fósforo foliar está correlacionada con la producción de fruto por árbol y si el frutal no produce frutos sus niveles de fósforo pueden ser mayores que en los productivos. Se puede deducir que la velocidad de reabastecimiento de fósforo a la hoja es lenta, ya que aún cuando se aplicó fósforo a través de los riegos, no se pudo mantener el nivel de este nutriente en las hojas. El fósforo es fundamental en la formación de semilla y la más alta concentración de este elemento se registra en el fruto al inicio de formación de la semilla (Alejo-Santiago *et al.*, 2015), además de que interviene en la iniciación floral y el amarre de fruto se incrementa de forma lineal en función del fósforo foliar en olivo (Erel *et al.*, 2008). El anillado es una práctica que resulta más efectiva incluso que algunos productos químicos como el Etephon, ácido triiodo benzoi-co y nitrato de potasio, ya que

TABLA I
ANÁLISIS DE SUELO Y AGUA, DEL HUERTO
DE LITCHI cv. BREWSTER.

Suelo									
MO (%)	Dap (g·cm ⁻³)	pH	CE (dS·m ⁻¹)	P-Bray	K	Ca	Mg	Textura	
				----- mg·kg ⁻¹ -----					
3,7	1,2	22,0	0,14	22,0	305	2071	343	Arcillosa	
Agua									
pH	C.E (mS·cm ⁻¹)	P	K	Ca	Mg	Na	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS
			----- mg·l ⁻¹ -----				----- meq·l ⁻¹ -----		
6,32	0,1	0,1	4,2	26	3,8	2,29	0	1,4	0,1

MO = materia orgánica; Dap = densidad aparente.

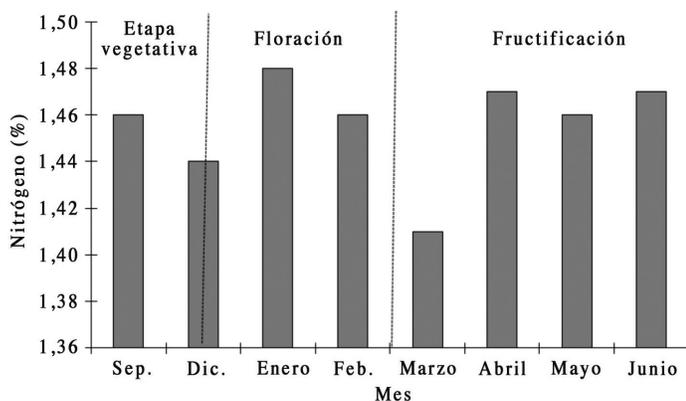


Figura 1. Dinámica de nitrógeno en árboles de litchi cv Brewster de ocho años de edad, en diferentes etapas fenológicas, ubicados en el Cerro del Tigre, Tepic, Nayarit. Pr>F= 0,65; diferencia mínima significativa= 0,11; coeficiente de variación= 10,16%.

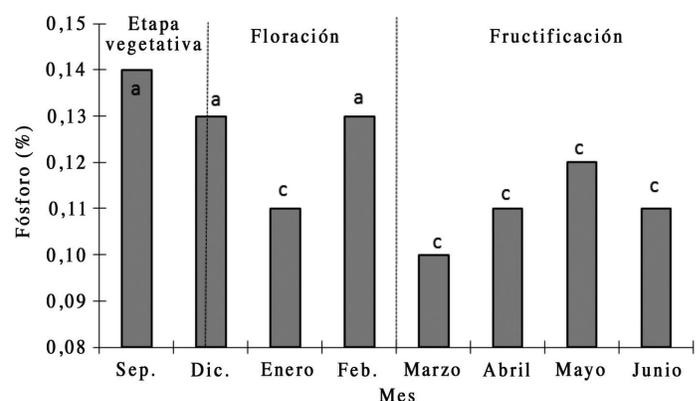


Figura 2. Dinámica de fósforo en árboles de litchi cv Brewster de ocho años de edad, en diferentes etapas fenológicas, ubicados en el Cerro del Tigre, Tepic, Nayarit. Pr>F= 0,0001; diferencia mínima significativa= 0,02 y coeficiente de variación= 24,24%.

incrementa hasta 80% la brotación de racimos florales del cultivo (Mitra y Sanyal, 2001), por consiguiente el requerimiento de nutrientes también se incrementa, ocasionando una disminución en la concentración foliar. Esto se ha reportado también en nectarina (Day y Dejong, 1990). Los resultados de la presente investigación muestran otro momento crítico de fósforo unos días después del inicio de crecimiento de fruto, el cual coincide con el momento en que comienza el desarrollo de semilla (Alejo-Santiago *et al.*, 2015).

Potasio

El análisis estadístico indica que entre fechas de muestreo hubo diferencia estadística ($P \leq 0,05$; Figura 3). Los valores más bajos de potasio en tejido foliar (0,77%) se presentaron en el mes de diciembre, el cual coincide con la emisión de brotes reproductivos y a partir de ese momento se fue incrementando hasta lograr su máximo valor en el mes de junio (0,92%), un mes después de cosecha. Con lo anterior se puede deducir que el momento crítico de requerimiento de potasio es al inicio de floración. Menzel y Simpson (1990) indican que el efecto de disminución de potasio foliar es más notorio en árboles productivos que en árboles que no tuvieron frutos.

Existe una tendencia marcada de incremento de nivel de po-

tasio en hoja, a partir del inicio de floración y conforme transcurre el tiempo hasta la etapa final de fructificación; esto indica que la demanda de este nutriente va disminuyendo gradualmente hasta la maduración de fruto. El potasio se desplaza hacia las raíces principalmente por difusión (Zeng y Brown, 2000), por lo que se mueve con menor lentitud que el nitrógeno. La disponibilidad de riego en el huerto y la aplicación de potasio de manera fraccionada permitió mantener el cultivo en condiciones adecuadas de humedad y ello permitió la movilidad y absorción del nutriente, ya que se ha demostrado que la disponibilidad del potasio es favorecida por la presencia de humedad en el suelo (Kuchenbuch *et al.*, 1986).

Calcio

Durante el periodo de experimentación no se observó diferencia estadística en concentración foliar de calcio entre los meses de muestreo (Figura 4). Menzel *et al.* (1992) mencionaron que en la etapa de fructificación y después de cosecha en el cultivo de litchi se presenta una disminución en la concentración foliar de este elemento, pudiendo alcanzar valores de hasta 0,9%; los valores del presente estudio concuerdan con lo anterior en cuanto a la disminución que se presenta después de cosecha; sin embargo, los valores solo llegaron a 1,30%.

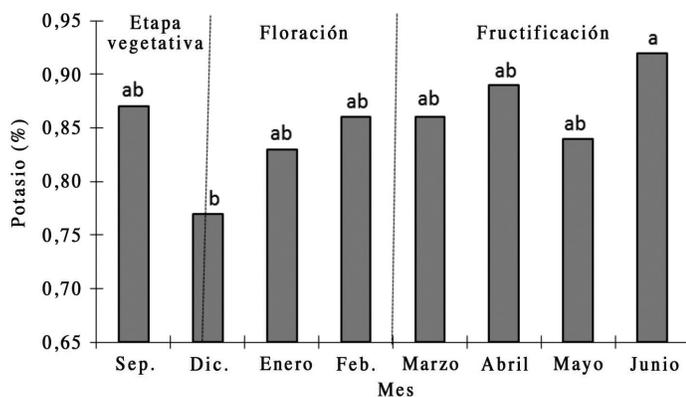


Figura 3. Dinámica de potasio en árboles de litchi cv Brewster de ocho años de edad, en diferentes etapas fenológicas, ubicados en el Cerro del Tigre, Tepic, Nayarit. $Pr > F = 0,001$; diferencia mínima significativa= 0,13; coeficiente de variación= 21,08%.

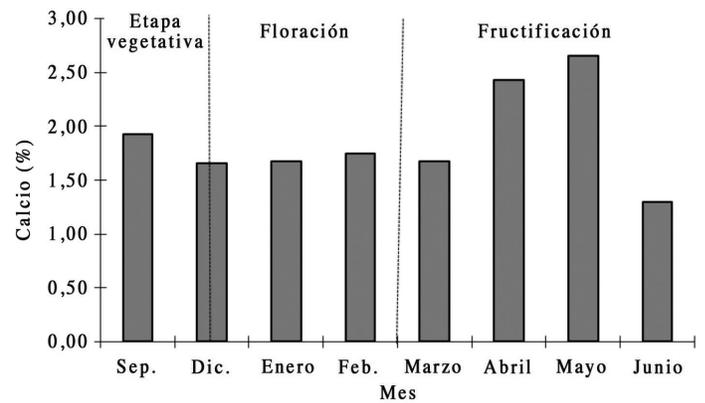


Figura 4. Dinámica de calcio en árboles de litchi cv Brewster de ocho años de edad, en diferentes etapas fenológicas, ubicados en el Cerro del Tigre, Tepic, Nayarit. $Pr > F = 0,4$; diferencia mínima significativa= 1,36; coeficiente de variación= 25,06%.

Esto se puede atribuir al nivel de calcio existente en el suelo ($2071 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Con lo anterior se comprueba que este elemento suele ser el catión más abundante en el suelo, aunque la proporción utilizable depende del grado de saturación; sin embargo, en el interior del citoplasma y en los cloroplastos los niveles deben ser bajos para evitar la precipitación del fósforo inorgánico (Monge *et al.*, 1994).

El calcio es uno de los dos macronutrientes que se encuentra en mayor concentración en cáscara del litchi (Alejo-Santiago *et al.*, 2015). Esto explica la ligera disminución del elemento en las hojas, casi en la parte final de formación de fruto, coincidente con la formación de cáscara. En cuanto a la vía de desplazamiento del calcio hacia las raíces, se estima que el 70% del calcio que absorbe la planta llega por flujo de masas (Barber, 1966), por lo tanto la humedad edáfica y la concentración de calcio intercambiable que posee el suelo tuvieron un efecto directo y positivo en el abastecimiento de este elemento en el área foliar del árbol. En cuanto a este cultivo, no se ha registrado respuesta a la fertilización con calcio (Menzel y Simpson, 1987). Lo anterior indica que hay translocación del calcio que se encuentra en las hojas, tal como lo indican Hocking y Pate (1978) al señalar que existe una lenta movilización de este nutrimento

hacia los frutos, que en algunos casos llega a ser del 18%.

Magnesio

El análisis estadístico indicó que hubo efecto de meses de muestreo en los niveles de magnesio foliar (Figura 5). Se observó que en el muestreo realizado al inicio de floración, el nivel disminuyó drásticamente, estos resultados concuerdan con lo reportado por Menzel *et al.* (1992), quienes señalaron una disminución de magnesio en la etapa de floración.

La disminución del magnesio pudo ser ocasionado por las dosis de nitrógeno y potasio utilizadas, ya que se ha observado que altas dosis de potasio y nitrógeno, pueden inducir una deficiencia de este nutriente (Menzel y Simpson, 1987). Este efecto se ha observado en otros cultivos (Bould y Parfitt, 1973). Sin embargo, no se observaron síntomas de deficiencia de este nutriente y la producción de fruto, que fue en promedio de $45 \text{ kg} / \text{árbol}$, es una producción que se considera aceptable para la zona del municipio de Tepic, Nayarit, México.

Conclusiones

Los nutrientes que tienen variación significativa en concentración foliar son fósforo, potasio y magnesio. La etapa fenológica en la que disminuyen estos tres elementos es en el inicio de floración, que se

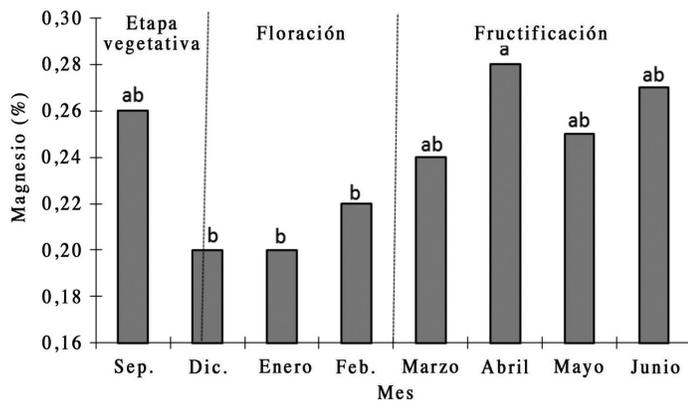


Figura 5. Dinámica de magnesio en árboles de litchi cv Brewster de ocho años de edad, en diferentes etapas fenológicas, ubicados en el Cerro del Tigre, Tepic, Nayarit. $P > F = 0,0001$; diferencia mínima significativa = 0,05; coeficiente de variación = 27,90%.

presenta a mediados de diciembre y principios de enero. El potasio y el magnesio, aún cuando sus valores disminuyen en inicio de floración, conforme transcurren los meses se incrementan a medida que avanza el ciclo de producción. El fósforo muestra dos momentos de disminución, al inicio de floración y al inicio de fructificación; aun cuando el nutriente fue aportado vía riego, el tejido foliar no logra su reabastecimiento a la misma velocidad con que se agota el elemento durante la etapa que comprende de inicio de floración a fructificación, por lo que se debe auxiliar al cultivo através de aplicaciones foliares.

REFERENCIAS

- Alcántar GG, Sandoval VM (1999) *Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Guía de Muestreo, Preparación, Análisis e Interpretación*. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México. 155 pp.
- Alejo-Santiago G, Luna-Esquivel G, Salcedo-Pérez E, Sánchez-Hernández R, Aburto-González CA (2015) Growing dynamic and nutrient extraction of litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn) cv. Brewster. *Ecosist. Rec. Agropec.* 2(4): 1-12.
- Barber SA (1966) The role of root interception, mass flow and diffusion in regulating the uptake of ions by plants from soil. En *Limiting Steps in Ion Uptake by Plants from Soil*. Technical Reports Series N° 65. Organización de las N.U. para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. 154 pp.
- Benítez-Pardo D, Hernández-Montoya M, Osuna-Enciso T, Valenzuela-López M, Galván-Piña B (2003) Muestreo y análisis foliar relacionados con fenología en mango en el sur de Sinaloa, México. *Terra Latinoam.* 21: 273-283.
- Bould C, Parfitt RI (1973) Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops X. Magnesium and phosphorus sand culture experiments with Apple. *J. Sci. Food Agric.* 24: 175-185.
- Chadha KL, Samra JS, Thakur RS (1980) Standardization of leaf-sampling technique for mineral composition of leaves of mango cultivar 'Chausa'. *Sci. Hort.* 13: 323-329.
- Chetri K, Sanyal D, Kar PL (1999) Changes in nutrient element composition of guava leaves in relation o season, cultivars, direction of shoot, and zone of leaf sampling. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 30: 121-128.
- Day KR, Dejong TM (1990) Girdling of early season 'Mayfire' nectarine trees. *J. Hort. Sci.* 65: 529-534.
- DOF (2000) *Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-021-RECNAT-2000, que Establece las Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, Muestras y Análisis*. Diario Oficial de la Federación. México. Tomo DLXV-12: 6-74.
- Erel R, Dag A, Ben-Gal A, Schwarts A, Yermiyahu U (2008) Flowering and fruit set of olive trees in response to nitrogen, phosphorus, and potassium. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 133: 639-647.
- FHIA (2012) *Manual de Muestreo Foliar para Recomendación de Fertilización*. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. 53 pp.
- García E (2004) *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. 5ª ed. Instituto de Geografía, UNAM. México. 91 pp.
- Hocking PJ, Pate JS (1978) Accumulation and distribution of mineral elements in the annual lupins *Lupinus albus* L. and *Lupinus angustifolius* L. *Austr. J. Agric. Res.* 29: 267-280.
- Koo RCJ, Young TW (1972) Effects of age and position on mineral composition of mango leaves. *Amer Soc Hort Sci J.* 97: 792-94.
- Kuchenbuch R, Claassen N, Jungk A (1986) Potassium availability in relation to soil moisture. *Plant Soil* 95: 233-243.
- Magalhães DSCE, Da CSJO, Da PQCR, Chamhum SLC, Horst BC (2009) Raleio de frutos em lichieira 'bengal'. *Rev. Bras. Frutic.* 31: 588-592.
- Maldonado PR, Trinidad SA, Téliz OD, Vicente AVA, Volke HV (2012) Respuesta del litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) a la Fertilización con NPK en el norte de Oaxaca, México. *Fitotec. Mex.* 35: 251-258.
- Meléndez G, Molina E (2002) *Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones*. Universidad de Costa Rica. 125 pp.
- Menzel CM, Simpson DR (1987) Lychee nutrition: A review. *Sci. Hort.* 31: 195-224.
- Menzel CM, Simpson DR (1990) Nutritional studies on lychee trees in subtropical Australia. *Acta Hort.* 275. *Tropical and Subtropical Fruits*. pp. 581-585.
- Menzel CM, Simpson DR (1992) Partitioning of nutrients in bearing lychee trees (*Litchi chinensis* Sonn). *Acta Hort.* 321: 535-340.
- Menzel CM, Waite GK (2005) *Litchi and Longan Botany, Production and Uses*. CABI. Wallingford, RU. 297 pp.
- Menzel CM, Carseldine ML, Haydon GF, Simpson DR (1992a) A review of existing and proposed new leaf nutrient standard for lychee. *Sci. Hort.* 49: 33-53.
- Menzel, CM, Haydon GF, Simpson DR (1992b) Mineral nutrient reserves in bearing litchi trees (*Litchi chinensis* Sonn.). *J. Hort. Sci.* 67: 149-160.
- Mitra SK, Sanyal D (2001) Effect of cincturing and chemicals on flowering of litchi. *Proc. I Int. Symp. on Litchi & Longan*. Huang H, Menzel C (Eds.) ISHS. *Acta Hort.* 558, 243-246.
- Monge E, Val J, Sanz M, Blanco A, Montañés L (1994) Calcium as a nutrient for plants. The bitter pit in apple. *An. Estac. Exp. Aula Dei* 21: 189-201.
- Muñoz N, Guerri J, Legaz F, Primo-Millo E (1993) Seasonal uptake of 15N-nitrate and distribution of absorbed nitrogen in peach trees. *Plant Soil* 150: 263-269.
- Opazo JD, Razeto MB (2001) Effects of different potassium fertilizer on foliar content of nutrients, yield and fruit quality in orange trees cv Valencia. *Agric. Téc.* 6(4) <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072001000400009>
- Pathak PK, Majumder K, Mitra SK (2012) Levels and time of potassium fertilization influence soil and leaf nutrient composition and its relation with yield of litchi. *Ind. J. Hort.* 69: 33-38.
- Young TW, Koo RCJ (1969) Mineral composition of Florida mango leaves. *Proc. Flo. St. Hort. Soc.* 75: 364-371.
- Zeng Q, Brown PH (2000) Soil potassium mobility and uptake by corn under differential soil moisture regimes. *Plant Soil* 221: 121-134.