

Importancia del potasio y el anillado en el rendimiento y calidad del fruto de litchi

Circe Aidín Aburto-González¹
Gelacio Alejo-Santiago¹
Bertha Alicia López-Bueno¹
Rufo Sánchez-Hernández^{2§}
Gregorio Luna-Esquivel¹
Leobarda Guadalupe Ramírez-Guerrero¹

¹Universidad Autónoma de Nayarit-Unidad Académica de Agricultura. Carretera Tepic-Compostela km 9, Tepic, Nayarit. México. CP. 63780. (aidin75@hotmail.com; gelacioalejo@hotmail.com; obed.3520@hotmail.com; gollole@hotmail.com; leo.ram89@hotmail.com). ²División Académica de Ciencias Agropecuarias-UJAT. Carretera Villahermosa-Teapa km 25, Ranchería La huasteca, Centro, Tabasco, México. CP. 86280.

§Autor para correspondencia: rusaher@hotmail.com.

Resumen

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn) es una fruta demandada internacionalmente, cultivada en varios estados de México con precios rentables, aunque con bajos rendimientos. El objetivo de la investigación fue determinar el efecto del potasio y del anillado en el rendimiento y calidad del fruto del litchi cv Brewster. Se estableció un experimento en bloques completamente al azar, con arreglo factorial 3 x 2 con 10 repeticiones. El factor A consistió en tres niveles de potasio (300, 600, 900 g árbol⁻¹). El factor B en dos niveles de anillado en las ramas (ausencia y presencia), por lo que se evaluaron seis tratamientos resultantes. Los resultados indican que los factores A y B, así como su interacción, son determinante para incrementar el rendimiento, aunque afectan poco a la calidad del fruto. Los niveles del factor A y B que tienen mayor efecto sobre el rendimiento, son 900 g de potasio y la presencia del anillado respectivamente, por lo que el tratamiento seis que combina ambos factores, registra el mayor rendimiento. Las dosis bajas de potasio producen bajos rendimientos, mientras que el anillado por sí solo lo duplica. Los factores A y B presentan efectos individuales para las variables pérdida de peso (PPF) y pH del fruto, aunque el efecto de la interacción solo se presenta para el pH. Se concluye que el aporte de 900 g árbol⁻¹ de potasio y el anillado en arboles de litchi, individualmente y combinado afectan positivamente el rendimiento y poco a la calidad del fruto.

Palabras clave: cultivar Brewster, cultivos alternativos, nutrición de cultivos, sapindáceas.

Recibido: diciembre de 2017

Aceptado: enero de 2018

Introducción

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) es un frutal originario de China (Kumar *et al.*, 2014). El cultivo ha adquirido interés entre los productores agrícolas mexicanos debido a su creciente demanda a nivel nacional e internacional, particularmente en Estados Unidos de América, Canadá y la Comunidad Europea (Osuna *et al.*, 2008), esto ha motivado que productores mexicanos lo hayan adoptado como un cultivo alternativo. Sin embargo, la investigación en torno a este frutal aún es insuficiente, por lo que la información técnica sobre el manejo agronómico es escasa. Según cifras del SIAP (2015), en México el litchi se cultiva en una superficie de 3 738.19 ha, de donde se obtiene una producción de 18 271 t, con rendimientos de 5.27 t ha⁻¹. Los principales estados productores son Veracruz, San Luis Potosí, Oaxaca, Puebla y Nayarit, con superficies de 1.72, 0.73, 0.46, 0.3 y 0.16 miles de has, respectivamente; volúmenes de producción de 9.22, 1.96, 1.9, 3.52 y 0.46 miles de t respectivamente y rendimientos de 5.87, 2.7, 4.66, 11.71 y 3.79 t ha⁻¹ respectivamente.

A pesar de lo atractivo que resulta el cultivo de este frutal, existen factores que se asocian a bajos rendimientos, entre ellos destacan: baja floración, alternancia de la producción, caída de fruto, incidencia de plagas y enfermedades, así como la definición de un programa de fertilización que permita lograr una adecuada nutrición (Alejo-Santiago *et al.*, 2015). Para enfrentar la problemática de la baja producción se propone un adecuado manejo agronómico que contemple una adecuada nutrición del cultivo. Una práctica difundida para enfrentar la caída de los rendimientos en algunos frutales como el rambután y cítricos es el anillado, práctica que consiste en realizar una incisión en las ramas del árbol, para interrumpir el floema, lo que provoca una acumulación de carbohidratos y una disminución en los contenidos de giberelinas en brotes y hojas.

Esto permite la inducción anticipada de la floración e incremento de la diferenciación floral (Gaete, 2007). Asimismo, se ha documentado que la práctica del anillado, incrementa el número de racimos y tamaño de frutos, además de que corrige parcialmente la maduración tardía de los frutos y la alternancia de la producción en el cultivo del litchi y otros frutales (Deep *et al.*, 2010). Sin embargo, los efectos de esta práctica no han quedado del todo esclarecido, ya que según Joo-Pérez *et al.* (2017) son muy variables dependiendo de otros factores como el régimen hídrico del suelo.

Otro aspecto que se ha explorado para mejorar los rendimientos en el cultivo de frutales es el suministro balanceado de nutrimentos, en particular del potasio (K), ya que este nutrimento tiene un importante rol en la apertura y cierre de estomas, turgencia celular, transporte de carbohidratos y activación de múltiples enzimas, procesos que inciden en rendimiento y calidad del fruto (Liu *et al.*, 2017). Actualmente se tienen conocimientos sobre la importancia del K en la fisiología del litchi (Singh *et al.*, 2012). Sin embargo, a nivel mundial la literatura ofrece una amplia diversidad de dosis de fertilización potásica para el cultivo del litchi. Sin embargo, el enfoque propuesto por Volke *et al.* (1998) para determinar dosis óptimas de fertilización, señala que es necesario conocer la cantidad del nutrimento que el suelo es capaz de suministrar, la demanda del cultivo, así como la eficiencia de recuperación del fertilizante seleccionado como fuente.

Una adecuada nutrición en los árboles del litchi, repercute en un mayor rendimiento, así como en una mejor calidad del fruto, la cual se expresa tanto en características externas, como internas del fruto (Alejo-Santiago *et al.*, 2015). Según Sivakumar y Korsten (2006), las externas consideran

tamaño, peso, forma, daños mecánicos, pudriciones, agrietamientos, así como el color rojo brillante de la cáscara del fruto. Por su parte, las internas incluyen el tamaño de la semilla, los sólidos solubles totales (SST), la acidez titulable (AT) y la relación SST/TA (Aguas *et al.*, 2014).

Aunque ha habido avances en la investigación sobre la definición de un adecuado manejo agronómico en el cultivo del litchi, la información sobre el efecto del K en la nutrición de este frutal es aun escasa, mientras que el efecto de la práctica del anillado se reporta como variable dependiendo de las condiciones climáticas de cada región (Rajwanshi *et al.*, 2017). Por ello, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto individual y combinado de la fertilización potásica y la práctica del anillado, en el rendimiento y calidad de fruto del cultivo del litchi.

Materiales y métodos

Descripción del sitio de estudio

El experimento se desarrolló en una plantación de litchi cv “Brewster” de 8 años de edad, ubicada en el ejido “Cerro del Tigre”, que se localiza en las coordenadas 21° 36' 04" latitud norte, 104° 56' 47.5" longitud oeste, a una altitud de 700 m. El arreglo topológico de la plantación es en marco real con distanciamiento de 6 x 6 m. De acuerdo a la clasificación climática de Köppen modificado por García (1981), el clima es un (A) e (W2) a (i), que corresponde a un semi-cálido (subtropical subhúmedo), que es el más cálido de los templados (c); la precipitación media anual es mayor ≥ 1 300 mm. La plantación cuenta con infraestructura de riego por goteo.

Diagnóstico inicial de suelo y plantas para definir dosis de fertilización

Dentro de la plantación, se seleccionaron de manera aleatoria siete líneas de árboles, en cada una de ellas se seleccionaron aleatoriamente 10 árboles, que dio como resultado un total de 70 árboles. Para definir las dosis que se evaluarían, previo al establecimiento del experimento se tomaron muestras compuestas, tanto de suelo como del componente foliar. Los procedimientos de la colecta se detallan a continuación.

Muestreo de suelo

Se tomaron muestras de suelos en los cuatro puntos cardinales de la base de cada uno de los 10 árboles de las líneas seleccionadas, a una distancia de 0.5 m y a -40 cm de profundidad. Cada una de estas muestras se mezcló homogéneamente para obtener una sola muestra por cada árbol seleccionado. Dicho ejercicio fue replicado en los 10 árboles de cada línea. Las 10 muestras se mezclaron para obtener una muestra compuesta por cada línea. En toda la superficie del área experimental se obtuvieron siete muestras compuestas. Una vez colectadas se llevaron al laboratorio de análisis de suelo, tejido vegetal y agua de la Unidad Académica de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit.

Los análisis contemplados para diagnosticar el estado de la fertilidad del suelo fueron: pH, MO, N, P, K, CIC, CE y bases intercambiables, los cuales fueron desarrollados mediante los métodos recomendados por la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2000).

Diagnóstico de la fertilidad edáfica

El suelo del huerto en estudio posee las siguientes características: textura arcillosa, densidad aparente (g cm^{-3}) de 1.2, P Bray (22.22 mg kg^{-1}), K intercambiable (300 mg kg^{-1}), Ca intercambiable (2300 mg kg^{-1}), Mg intercambiable (300 mg kg^{-1}), pH 6.4 y C.E. (dS m^{-1}) de 0.14. La concentración nutrimental foliar en de los árboles fue N (1.43%), P (0.14%), K (0.86%), Ca (1.91) y Mg (0.26%), estas concentraciones se encuentran dentro del rango óptimo que indican Menzel y Simpson (1987), para el cultivo de litchi, con excepción del potasio que se encuentran en un nivel inferior, estos autores indican 1.2% como óptimo.

Muestreo del componente foliar

En cada árbol de cada línea, se identificaron y colectaron dos pares de folíolos completos de la cuarta hoja en cada punto cardinal, de acuerdo a la metodología de Menzel y Simpson (1987). Las muestras se depositaron en bolsas de papel y fueron llevadas al laboratorio, en donde se lavaron con agua corriente y posteriormente con agua destilada; se secaron en una estufa con aire forzado a 60°C durante 48 h hasta obtener peso constante, y se molieron en un molino de acero inoxidable. Para determinar los contenidos iniciales de nutrientes, se realizó una extracción en digestión húmeda siguiendo los procedimientos establecidos por Alcántar y Sandoval (1999). Para el caso del N se utilizó una mezcla de ácido sulfúrico con ácido salicílico, para el Ca, Mg, P y K, dicha mezcla fue con ácido nítrico y ácido perclórico.

Estimación de dosis de fertilización

Con base en los resultados del análisis de suelo, se desarrolló la ecuación 1, propuesta por Volke *et al.* (1998) mediante la cual es posible determinar la dosis óptima de cada nutriente.

$$\text{DON} = \frac{\text{Demanda-Suministro}}{\text{ERF}} \quad 1)$$

Donde: DON= dosis óptima nutrimental; demanda= es la cantidad del nutriente que el cultivo requiere para completar sus procesos fisiológicos y para alcanzar a producir una meta de producción determinada; suministro= es la cantidad del nutriente que el suelo es capaz de suministrar al cultivo; ERF= eficiencia de recuperación del fertilizante (ERF). Con la aplicación de la ecuación se calcularon las dosis óptimas de N P K.

Estimación de la dosis de N

Para estimar la demanda de este nutriente, se fijó una meta de producción de 50 kg de fruto por árbol⁻¹. Con los resultados del diagnóstico de fertilidad que se realizó, el suministro de N se fijó en 31 g árbol⁻¹, dicho valor resulta de considerar un contenido de materia orgánica en el suelo (MOS) de 3.7%, una tasa de mineralización anual de 2%, un contenido de N de 5% en la MOS y un área de exploración radicular a una distancia de 75 cm de la base del árbol y una profundidad de 40 cm, así como una densidad aparente de 1.2 Mg m^{-3} . Si se toma en cuenta que para la producción de fruto por árbol por año⁻¹, se extraen 110 g para el componente fruto y para hoja 282 g (calculados a partir de una producción de materia seca en el componente foliar de 23.5 kg año^{-1} , determinada

a través de evaluaciones preliminares), la demanda de N por árbol por año es de 392 g de N. La eficiencia de recuperación de fertilizante nitrogenado (ERFN) es 60%. Por lo tanto, la dosis de N anual fue de 600 g árbol⁻¹.

Estimación de dosis de fósforo

La extracción nutrimental por el fruto se estima en 2.2 kg de P₂O₅ por tonelada de fruto (Galán, 1987). Por lo tanto, para una producción de 50 kg de fruto (meta de rendimiento) la demanda es de 48.4 g de P. Al igual que para el caso del N, a este valor se sumó la extracción nutrimental del componente foliar, el cual considera una concentración de P de 0.18%, lo que da como resultado una demanda de 42.3 g de P en dicho componente. De la suma de estos dos valores resultó una demanda de 90.7 g de P (árbol anual⁻¹). Los resultados del diagnóstico de la fertilidad edáfica indicaron que el suministro de P fue 18.66 g por árbol. Mientras que la eficiencia de recuperación de fertilizante fosfatado fue de 30%, por lo que la dosis anual de P fue de 240 g árbol⁻¹.

Estimación de dosis de potasio

La extracción nutrimental por el fruto se estima en 5.5 kg de K por tonelada de fruto (Galán, 1987), lo que la demanda para una meta de rendimiento de 50 kg de fruto árbol⁻¹ es de 275 g de K, a este valor se sumó el K extraído por hoja, el cual fue de 282 g, por lo que la demanda de K por árbol se calculó en 557 g. El análisis de suelo reportó 300 mg kg⁻¹ de K intercambiable, por lo que el suministro de K se estimó en 252 g árbol⁻¹. Si se considera una eficiencia de recuperación del fertilizante potásico de 50%. La dosis de K fue de 600 g árbol⁻¹ año⁻¹. La dosis de NPK resultante expresada en g árbol⁻¹ año⁻¹ fue 600-240-600.

Diseño experimental/tratamientos

El experimento se estableció como bloques completamente al azar, con arreglo factorial 3 x 2, donde el factor A consistió en tres niveles de K, el factor B en dos niveles de anillado. De dicho arreglo surgieron seis tratamientos. Como dosis intermedia se consideró la calculada a partir de la ecuación 1. Los niveles de N y P se mantuvieron fijos. Los detalles de los tratamientos se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en el cultivo de litchi.

Tratamientos	Factor A (dosis de K)	Factor B (anillado)	N	P	K
			(g planta ⁻¹ año ⁻¹)		
1	Baja	Sin anillado	600	240	300
2	Media		600	240	600
3	Alta		600	240	900
4	Baja	Con anillado	600	240	300
5	Media		600	240	600
6	Alta		600	240	900

Los tratamientos resultantes se evaluaron con 10 repeticiones. Como una unidad experimental se consideró un árbol. Como fuentes de nutrimentos se utilizaron nitrato de potasio MAP, sulfato de potasio y urea.

Establecimiento y manejo del experimento

Una vez que se realizó la designación de los tratamientos en campo, se procedió a anillar los árboles correspondientes, dicha práctica consistió en realizar una incisión en forma de anillo de aproximadamente 0.8 cm de ancho en 70% de ramas de los árboles. Paralelamente se aplicó 30% de la dosis de fertilización, mientras que 70% restante se dosificó mediante fertirriego hasta la emisión de los brotes reproductivos, lo cual ocurrió seis meses posteriores a la primera fertilización. Durante todo el ciclo de producción el cultivo se regaba dos veces por semanas, aplicando 100 l de agua por árbol, suspendiendo dicho riego 20 días antes de la cosecha.

Variables de respuesta

Variables determinadas en fruto

Para cada variable se seleccionaron al azar 25 frutos de cada tratamiento. Las variables y métodos se indican el Cuadro 2.

Cuadro 2. Variables evaluadas determinantes del rendimiento y calidad del fruto del litchi.

Variable	Método
Ancho (diámetro ecuatorial) y longitud de fruto (cm)	Vernier digital
Proporción cáscara, semilla y pulpa (%)	Gravimetría
Grado de acidez (pH)	Potenciómetro digital marca Cornig 720®
Sólidos solubles totales (°Brix)	Refractómetro digital marca Atago®
Acidez titulable (%)	(AOAC, 2005)
Color	Colorímetro (BakingMeter BC-10) Konita Minolta® (McGuire, 1992)
Pérdida de peso del fruto (%)	$PPF = \left(\frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \right) * 100$ 2)

Rendimiento (t ha⁻¹)

La cosecha se realizó cuando los frutos presentaron una coloración rojiza. Los frutos cosechados se clasificaron en comerciales y dañados por aves. Los dañados por aves se contabilizaron y se multiplicó por el peso promedio de 10 frutos comerciales; los pesos de frutos dañados y comerciales por árbol se sumaron para estimar el rendimiento expresado en t h⁻¹, para ello se consideró una densidad de población de 277 árboles ha⁻¹.

Análisis de resultados

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y correlación, así como pruebas de comparación de medias Tukey ($p < 0.05$) a través del paquete estadístico SAS para Windows versión 6.12 (SAS, 1999).

Resultados y discusión

Variables determinantes del rendimiento

Los resultados muestran un efecto individual del factor A (niveles de potasio), del factor B (niveles de anillado), así como de su interacción, sobre las variables rendimiento total (RT). Se puede apreciar que el factor B juega un papel más importante sobre las variables ancho de fruto (AF), longitud de fruto (LF) y producción de frutos por árbol (PFA), con respecto al factor A. Por ello, el tratamiento seis que combina una mayor dosis de K (900 g árbol⁻¹) con la presencia del anillado fue el que presentó el mayor rendimiento de fruto (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de fertilización potásica y anillado en las variables determinantes de rendimiento de litchi cv Brewster.

Tratamientos	PTF	Cáscara	Semilla	Pulpa	AF	LF	PFA	RT
	(g)				(cm)		(kg árbol ⁻¹)	(t ha ⁻¹)
1	13.6	2.7	2.3	8.5	2.8 bc	3.2 a	8.8 de	2.4 de
2	15.4	3.3	3.2	8.9	2.6 c	3.4 a	8.3 e	2.3 e
3	15.8	2.8	2.7	10.6	3.2 ab	2.5 b	8.5 e	2.4 e
4	14.9	2.9	3.2	8.8	2.9 abc	3.3 a	19.9 cb	5.5 cb
5	16.1	3.3	2.9	9.9	3.2 a	3.4 a	21.7 b	6 b
6	14.5	3	3	8.6	2.8 abc	3.3 a	44.2 a	12.2 a
P>F	0.76 ^{ns}	0.72 ^{ns}	0.53 ^{ns}	0.38 ^{ns}	0.0001*	0.0001*	0.0001*	0.0001*
DMS	2.88	1.38	1.53	3.48	0.42	0.5	9.01	2.49
Factor A								
300	14.2	2.8	2.7	8.7	2.8 ab	3.2 a	14.3 b	4 b
600	15.8	3.3	3.1	9.4	2.9ab	3.4 a	15 b	4.1 b
900	15.2	2.9	2.9	9.6	3 a	2.9 b	26.4 a	7.3 a
P>F	0.61 ^{ns}	0.34 ^{ns}	0.78 ^{ns}	0.49 ^{ns}	0.15*	0.003*	0.0001*	0.001*
DMS	3.64	0.94	1.04	2.36	0.28	0.34	3.97	3
Factor B								
Sin anillado	14.8	3	2.7	9.1	2.8 b	3.1 b	10 b	2.8 b
Con anillado	15.2	3.1	3	9.1	3 a	3.3 a	28.6 a	7.9 a
P>F	0.80 ^{ns}	0.62 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.73 ^{ns}	0.13*	0.005*	0.0001*	0.001*
DMS	1.86	0.48	0.53	1.21	0.14	0.17	2.03	3.5
A*B								
P>F	0.52 ^{ns}	0.97 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.0001*	0.0004*	0.001*	0.001*
CV	17.82	22.89	26.64	19.01	7.35	7.85	16.16	16.16

^{ns}= diferencia estadística no significativa; * = diferencia estadística; DMS= diferencia mínima significativa; Tukey ($p \leq 0.05$). PTF= peso total del fruto; AF= ancho del fruto; LF= longitud del fruto; PFA= producción del fruto por árbol; RT= rendimiento total.

El efecto del factor A y B, así como de su interacción sobre el rendimiento de frutos, se debe a una mayor producción de frutos por árbol (PFA), ya que como se puede observar en el mismo cuadro, tanto las dimensiones de los frutos, como las proporciones de cáscara, pulpa y semilla entre los tratamientos, no denotan diferencias estadísticamente significativas. Otras investigaciones ya habían documentado resultados similares. Pathak y Mitra (2010), señalan que el suministro de K afecta favorablemente los rendimientos en árboles de litchi, debido a una mayor actividad tasa fotosintética, conductancia de los estomas, así como a una mayor eficiencia en el uso del agua. Aunque dicho incremento del rendimiento, no necesariamente se debe a una modificación positiva en la constitución anatómica del fruto del litchi, derivada de la aplicación de dosis crecientes de K (Rai *et al.*, 2002).

Pese a las evidencias documentadas, el efecto que el K tiene sobre el rendimiento y calidad de fruto no se puede generalizar, ya que la condición hídrica a la que se encuentran sometidos los árboles, es un factor importante en dicha respuesta, sobre todo porque el K tiene un rol fisiológico específico en la apertura y cierre de los estomas a través de su influencia sobre el potencial osmótico de las células guardas (Havlin *et al.*, 1999). Debido a la variabilidad de esta condición, se han realizado investigaciones en la que el efecto del K es igual o inferior al de otros nutrimentos. Reza *et al.* (2007); Joo-Pérez *et al.* (2017) indican que, en condiciones de riego, el requerimiento de K en el cultivo de litchi es inferior a los de N y P. Aunque para el caso de esta investigación, lo anterior solo es congruente en los tratamientos sin anillado, ya que en los tratamientos que fueron anillados, sí hubo respuesta a las dosis crecientes de K (Cuadro 3).

Diversas investigaciones han establecido que el anillado en árboles de litchi y otros frutales, provoca una acumulación de carbohidratos (Gaete, 2007), lo que probablemente provocó un aumento en la demanda de K, ya que dicho nutrimento interviene en los procesos de síntesis y transporte de los azúcares y almidones (Liu *et al.*, 2017), razón por la cual aquellos tratamientos con anillado que recibieron mayores niveles de K, fueron los que expresaron mayores rendimientos de frutos.

Variables determinantes de la calidad del fruto

El análisis de los efectos de los factores A y B, así como de su interacción sobre la mayoría de las variables relacionadas con la calidad de fruto no presentaron diferencias estadísticamente significativas. Excepto en la variable pH, la cual es afectada principalmente por el factor B. De lo anterior se desprende, que los frutos de los tratamientos 4, 5 y 6 registraron un pH más alto (3.64), con respecto a los provenientes de árboles que carecieron de la incisión (3.41) (tratamiento 1, 2 y 3). Según Çolpan *et al.* (2013), el suministro de K puede provocar un aumento en el pH del fruto debido a la sinergia que este elemento presenta con otros como el Ca, lo que se refleja en un incremento en los niveles de °Brix, causado por el aumento en la cantidad de sólidos solubles totales (SST) en el jugo. Sin embargo, en la presente investigación, dichas variables no se afectaron sustancialmente por los factores A y B, ni por su interacción (Cuadro 4).

Se observa un efecto del factor A sobre la variable pérdida de peso del fruto (PPF). Sin embargo, dicho efecto no es totalmente claro y contundente. Aunque es necesario avanzar en este fenómeno fisiológico, se plantea que la dosis de 600 g árbol⁻¹ de K es la más adecuada para lograr mantener la turgencia de los frutos por más tiempo, ya que tanto la dosis baja (300 g⁻¹ de K) como la dosis

alta (900 g⁻¹ de K), presentan una mayor PPF, siendo la dosis baja de (300 g árbol⁻¹ de K) en donde se presenta una mayor PPF (Cuadro 4). Los resultados obtenidos en esta investigación, sugieren que el K aplicado a los árboles de litchi, mejoran el suministro de agua hacia los frutos, lo que provocó un efecto de dilución en el jugo, por lo que la relación SST: agua, así como los niveles de °Brix no presentaron diferencias estadísticas significativas, ni para los efectos individuales de los factores A y B, así como los de su interacción.

Cuadro 4. Efecto de la fertilización potásica en las variables determinantes de la calidad del fruto de litchi cv Brewster.

Tratamientos	°Brix	Acidez		PPF	Color	pH
		(%)				
1	20	0.6		38.6 a	42.4	3.5 ab
2	19.6	0.5		31.2 b	39.7	3.5 ab
3	18.2	0.6		36.1 ab	41.3	3.6 a
4	20.7	0.5		38.6 a	42	3.7 a
5	20.7	0.7		33.1 ab	41.2	3.7 a
6	19.8	0.5		37.8 ab	41.5	3.5 ab
P> F	0.43 ^{ns}	0.41 ^{ns}		0.02*	42.48	0.01*
DMS	7.12	0.77		7.35	0.49 ^{ns}	0.29
Factor A (dosis de K)						
300	20.4	0.6		38.6 a	42.4	3.5
600	20.1	0.6		32.2 b	40.4	3.5
900	19	0.5		36.9 ab	41.4	3.6
P> F	0.36 ^{ns}	0.98 ^{ns}		0.003*	42.25 ^{ns}	0.3 ^{ns}
DMS	4.84	0.52		5	0.2	0.37
Factor B (anillado)						
Sin anillado	19.45	0.7		35.33	3.04	3.41 b
Con anillado	20.43	0.59		36.52	41.35	3.64 a
P> F	0.78 ^{ns}	0.21 ^{ns}		0.37 ^{ns}	41.73 ^{ns}	0.02*
DMS	2.48	0.26		2.56	0.37	0.19
A*B						
P>F	0.95 ^{ns}	0.64 ^{ns}		0.81 ^{ns}	1.55 ^{ns}	0.01*
CV	7.44	37.07		10.22	0.8	7.84

^{ns}= diferencia estadística no significativa; * = diferencia estadística; DMS= diferencia mínima significativa; Tukey ($p < 0.05$). PPF= pérdida de peso del fruto.

Conclusiones

Los efectos individuales de los factores A (dosis de K), B (anillado) y su interacción, afectan favorablemente el rendimiento, y poco a la calidad del fruto. Dichos factores y su interacción incrementan el número de frutos por árbol, lo que se ve reflejado en un mayor rendimiento, mientras que el tamaño, así como la construcción anatómica del fruto (cáscara, semilla y pulpa), se ven poco afectados. Solo algunas variables relacionadas con la calidad del fruto, como el pH y la pérdida de peso de fruto (PPF), fueron afectadas por las dosis de K y el anillado.

En el caso del aumento de pH es atribuido al factor B, mientras que la menor PPF es debido al factor A, por lo que una dosis intermedia de 600 g árbol⁻¹ de K con anillado, producen rendimientos intermedios con frutos de mejor calidad. Por lo tanto, para obtener mayores rendimientos de fruto en arboles de litchi cv Brewster, se recomienda un manejo que combine la aplicación de 900 g árbol⁻¹ de K, junto con la práctica del anillado, mientras que una dosis intermedia de 600 g árbol⁻¹ de K con anillado, produce rendimientos aceptables y de mejor calidad. El efecto individual del factor A permite incrementar el rendimiento 82.5%. El efecto del individual del factor B permite incrementar el rendimiento en 182%, mientras que el efecto combinado de ambos factores permite incrementar el rendimiento 408%.

Literatura citada

- Aguas, A. A., A.; García, P. E.; Ruiz, R. O. y Trinidad, S. A. 2014. Calidad de fruto de litchi (*Litchi chinensis* son) producido en el estado de Veracruz, México. Rev. Fitotec. Mex. 37(4):373-380.
- Alcántar, G. G. y Sandoval, V. M. 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, Estado de México. 155 p.
- Alejo, S. G.; Luna, E. G.; Salcedo, P. E.; Sánchez, H. R y Aburto, G. C. A. 2015. Dinámica de crecimiento y extracción nutrimental del fruto de litchi (*Litchi chinensis* sonn) cv. Brewster. Ecos. Rec. Agrop. 2(4):1-12.
- AOAC. 2005. Official methods of analysis program manual. http://www.aoac.org/aoac-prod-imis/aoac-member/sdcf/sdompcf/sdompm.aspx?websitekey=2e25ab5a-1f6d-4d78-a498-19b9763d11b4&hkey=16625c83-62a2-46c1-9ca7-1f67b1ec1424&new_contentcollection_organizer_common=2#new_contentcollectionorganizercommon.
- Ariza, R.; Cruzaley, R.; Vázquez, E.; Barrios, A. y Alarcón, N. 2004. Efecto de las labores culturales en la producción y calidad del limón mexicano de invierno. Rev. Fitotec. Mex. 27(1):73-76.
- Çolpan, E.; Zengin, M and Özbahçe, A. 2013. The effects of potassium on the yield and fruit quality components of stick tomato. Hort. Environ. Biotechnol. 54(1):20-28.
- Deep, Ch; Lal, R. L and Mishra, D. S. 2010. Effect of girdling on yield and quality of litchi. Pantnagar J. Res. 8(1):51-54.
- Gaete, M. M. 2007. Evaluación de distintas fechas de rayado para el control de la floración en clementinas (*Citrus clementina* Blanco) cv. Clemenules. Boletín Técnico. Quillota, Chile.
- Galán, S. V. 1987. El litchi y su cultivo. Estudio FAO producción y protección vegetal. 205 p.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Quinta Edición. Offet Larios. México, D. F. 246 p.
- Havlin, J. L.; Beaton, J. D.; Tisdale, S. L. and Nelson, W. L. 1999. Soil fertility and fertilizers. 6th Edition. Upper Saddle River, N.J: Prentice-Hall, Inc. 499 p.
- Joo, P. R.; Avendaño, A. C. H.; Sandoval, E. A.; Espinoza, Z. S.; Alonso, B. M.; Moreno, M. J. L.; Ariza, F. R. and Morales, N. C. R. 2017. Alternancy study on Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) Tree in Mexico. Am. J. Plant Sci. 8(1):40-52.
- Kumar, A.; Pandey, S. D.; Patel, R. K.; Srivastava, K.; Nath, V. 2014. Studies on feasibility of intercropping under litchi based cropping system. The Ecoscan. Special issue 6: 285-289.

- Liu, Y.; Yang, J.; He, W.; Ma, J.; Gao, Q.; Lei, Q.; He, P.; Wu, H.; Ullah, S. and Yang, F. 2017. Provincial potassium balance of farmland in China between 1980 and 2010. *Nutr Cycl Agroecosyst* 107:247-264.
- Menzel, C. M. and Simpson, D. R. 1987. Lychee nutrition: a review. *Sci. Hortic.* 31:195-224.
- DOF. 2000. Diario Oficial de la Federación NOM-021-SEMARNAT-2000 Norma oficial mexicana, especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 85 p.
- Osuna, E. T.; Valenzuela, R. G.; Muy, R. M. D.; Gardea, B. A. A. y Villarreal, R. M. 2008. Expresión del sexo y anatomía floral del litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Rev. Fitotec. Mex.* 31(1):51-56.
- Pathak, P. K. and Mitra, S. K. 2010. Rate and time of potassium fertilization influence yield and quality of litchi. *Acta Hortic.* 863:235-242.
- Rai, M.; Dey, P.; Nath, V. and Das, B. 2002. Litchi-production technology. Horticulture and agroforestry research programme. Ranchi, 21 p.
- Rajwanshi, R.; Kumar, M. and Lal, B. 2017. Pre-and postharvest management practices for Litchi production in India *In*: Kumar, M.; Kumar, V.; Bhalla-Sarin N. and Varma, A. (Eds.). *Lychee Disease Management*. Springer Singapore. 277 p.
- Reza, M. M.; Bahadur, M. M.; Hasan, M. A.; Bari, M. S. and Hafiz, H. R. 2007. Effects of irrigation and fertilization on yield and quality of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *J. Sci. Technol. (Dinajpur)* 5:52-59.
- Singh, G.; Nath, V.; Pandey, S. D.; Ray, P. K. and Singh, H. S. 2012. The litchi. Food and Agriculture Organization of the United Nations. New Delhi, India. 219 p.
- SAS. 1999. (Statistical Analyses System). Guide for personal computer. Ver. 6.12. SAS Institute. Cary, NC, USA. 889 p.
- SIAP. 2015. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. www.siap.gob.mx.
- Sivakumar, D. and Korsten, L. 2006. Influence of modified atmosphere packing and postharvest treatments on quality retention of litchi cv 'Mauritius'. *Postharvest Biol. Technol.* 41:135-142.
- Volke H, V.; Etchevers J, D.; Sanjuan R, A. y Silva, P. T. 1998. Modelo de balance nutrimental para la generación de recomendaciones de fertilización para cultivos. *Terra Latinoam.* 16(1):79-91.