



## Potassium nutrition on lychee (*Litchi chinensis* Sonn)

### Nutrición potásica en el cultivo de litchi (*Litchi chinensis* Sonn)

Aburto-González, C.A.\*, Ramírez Guerrero, L.G., Sánchez-Monteón, A.L., Valdivia-Reynoso, M.G.

Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura, Posgrado en Ciencias Biológico-Agropecuarias. Km. 9 Carretera Tepic-Compostela, C.P. 63780, Xalisco, Nayarit. México.

#### ABSTRACT

The lychee (*Litchi chinensis* Sonn) is a potential alternative crop for areas with subtropical climate. In Mexico, cv. 'Brewster' dominates 98 % in terms of established surface; however, it has many problems to maintain stable production through its production cycles. Worldwide, yield per hectare ranges from 1 to 15 t. In Mexico, yields also fluctuate in that range. Researches who have worked with it agree that much of the problem that leads to low yields is the lack of a proper nutrition program. All existing information regarding the fertilization of this crop has been generated in other countries, mainly India, USA and Australia. Its need for K<sup>+</sup> is higher compared to N and P. Since K<sup>+</sup> is a nutrient that has an impact on yield and fruit quality, this paper review focuses on studies that have been done on potassium nutrition on lychee and concludes that more research is needed to take correct decision about the amount and time for potassium application.

#### KEY WORDS

Fruit, fertilization, yield, quality.

#### Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: September 8<sup>th</sup> 2014.

Accepted/Aceptado: December 4<sup>th</sup> 2014.

#### RESUMEN

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn), es un cultivo alternativo con potencial para las zonas que cuentan con clima subtropical. En México, el 98 % de superficie establecida con litchi corresponde a cv. 'Brewster'; sin embargo, posee muchos problemas para mantener una producción estable, a través de sus ciclos de producción. A nivel mundial los datos de rendimiento por hectárea fluctúan de 1 a 15 t. En México, los rendimientos también fluctúan en ese rango. Los investigadores que han trabajado con este frutal coinciden que gran parte del problema que conlleva a la obtención de bajos rendimientos es la falta de un programa adecuado de nutrición. Toda la información existente en cuanto a la fertilización de este cultivo se ha generado en otros países, principalmente en la India, EUA y Australia. Su requerimiento de K<sup>+</sup> es mayor en comparación con N y P. Debido a que el K<sup>+</sup> es un nutrimento que tiene incidencia en rendimiento y calidad de fruto, la presente revisión de literatura se enfoca a los estudios de nutrición potásica que se han desarrollado a nivel nacional e internacional, y se concluye que es necesaria más investigación que permita la correcta toma de decisión en cuanto a la cantidad y el momento de aplicación de potasio.

#### PALABRAS CLAVE

Frutales, fertilización, rendimiento, calidad.

#### \*Corresponding Author:

Aburto-González C.A., Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura, Posgrado en Ciencias Biológico-Agropecuarias. Km. 9 Carretera Tepic-Compostela, C.P. 63780, Xalisco, Nayarit. México. Phone: +52(311) 211 0128. E-mail: [aidin75@hotmail.com](mailto:aidin75@hotmail.com)

## Introduction

Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) is an exotic fruit from China; in the past years this exotic fruit has acquired interest among Mexican agricultural producers due to the fruit's demand in the USA, Canada and the European Union, as well as the national growing market (Osuna *et al.*, 2008).

Average yields at a worldwide level fluctuate from 1 to 15 t ha<sup>-1</sup> (Menzel, 2001). In Mexico there is an established surface of 3,738 ha, with a production volume of 19,888 t. Yield data per hectare range from 1.83 to 11.5 t (SIAP, 2013).

The problem of low yield of lychee growth in orchards (>5 years) begins with the absence of flowering, fruit drop and it is intensified with production alternation (Magalhães *et al.*, 2009). The last two factors are possible to be reduced significantly with the adequate nutrition; in this sense, K<sup>+</sup> is important by being one of the essential mineral macroelements and it is attributed with important physiological functions.

### Characteristics of the cultivation

Lychee (*L. chinensis* Sonn), which was originated in the South of China and probably North Vietnam, belongs to the family *Sapindaceae* which possess at least 125 genres and 1000 species, the principal center of origin that is believed to be located among the 23° and 27° north latitude, in the subtropical part in the south of China, north Vietnam and Malasia (Mitra, 2002). The fruit is a non-climateric drupe, of woody consistency, rough texture, bittersweet taste, excellent aroma, high nutritional value and an attractive intense red color in consumption mature (Wang *et al.*, 2010; Sarin *et al.*, 2009; Valle *et al.*, 2008). It is eaten fresh, frozen, canned or dehydrated (ASERCA, 1996). Its reproduction form is both sexual and asexual. Asexual way of reproduction is the most common through aerial bends because from the sexual way trees take up to ten years or more to produce (Mitra and Ray, 2005). At a worldwide level, Mexico occupies the seventh place with a production of 19,888 t, equivalent to 0.17 % of the production (GHD, 2013; SIAP, 2013); exportation destiny is the United States. Due to the cv. Brewster dominating in regard of established surface, production is concentrated in the months of July and August (ASERCA, 1996).

## Introducción

El litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) es un frutal exótico, originario de China. En los últimos años este frutal exótico ha adquirido interés entre los productores agrícolas mexicanos debido a la demanda de fruto en EUA, Canadá y la Unión Europea, así como al creciente mercado nacional (Osuna *et al.*, 2008).

Los rendimientos promedio a nivel mundial fluctúan de 1 a 15 t ha<sup>-1</sup> (Menzel, 2001). En México se tiene una superficie establecida 3,738 has con un volumen de producción de 19,888 t. los datos de rendimiento por hectárea fluctúan de 1.83 a 11.5 t (SIAP, 2013).

La problemática de bajos rendimientos del cultivo de litchi, en huertos (>5 años) inicia con ausencia de floración, caída de fruto y se intensifica con el fenómeno de alternancia productiva (Magalhães *et al.*, 2009). Estos dos últimos factores es posible reducirlos de manera significativa con manejo adecuado de la nutrición, en este sentido, el K<sup>+</sup> es importante debido a que es uno de los macroelementos minerales esenciales y se le atribuyen funciones fisiológicas importantes.

### Generalidades del cultivo.

El litchi (*L. chinensis* Sonn), el cual se originó al sur de China y posiblemente al norte de Vietnam, pertenece a la familia *Sapindaceae* la cual posee al menos 125 géneros y 1000 especies. Se cree que el centro de origen principal se ubica entre los 23° y 27° latitud norte, en la parte subtropical del sur de China, norte de Vietnam y Malasia (Mitra, 2002). El fruto es una drupa no climatérica, de consistencia leñosa, textura rugosa, sabor agridulce, excelente aroma, alto valor nutritivo y un atractivo color rojo intenso en madurez de consumo (Wang *et al.*, 2010; Sarin *et al.*, 2009; Valle *et al.*, 2008). Se come en estado fresco, congelado, enlatado o deshidratado (ASERCA, 1996). Su forma de reproducción es vía sexual y asexual. La vía asexual es la más común a través de acodos aéreos debido a que por la vía sexual los árboles tardan hasta 10 años o más para producir (Mitra and Ray, 2005). A nivel mundial México ocupa el séptimo lugar con una producción de 19,888 t, equivalente a 0.17 % de la producción (GHD, 2013; SIAP, 2013); el destino de exportación es Estados Unidos. Debido a que el cv. Brewster es quien domina, en cuanto a superficie establecida, la producción se concentra en los meses de julio y agosto (ASERCA, 1996).

### Importance of potassium

Within the topic of vegetal nutrition, 17 elements are considered as essential, from which  $K^+$  is a macronutrient, therefore it is required in great amounts for growth and normal development for the crops. Some of its main functions are: osmoregulation, starch synthesis, enzyme activation, protein synthesis and stomata movement (Marschner, 2012). Its deficiency is manifested in a diminishment of absorbance of  $CO_2$ , which reduces the photosynthesis process by inducing a resistance to gas exchange from the mesophyll (Terry and Ulrich, 1973), this limits the development of fruit and therefore the yield (Menzel *et al.*, 1992).

### Potassium on the soil

$K^+$  is found in most soils in relatively high amounts. Its content such as  $K_2O$  varies from 0.5 % (equivalent to 5,000 mg of  $K_2O$  per Kg of soil) to 3 % (equivalent to 30,000 mg  $Kg^{-1}$ ), depending on its texture; however, from 92 % to 98 % it is not available for the plant. The clay fraction is the one that presents a higher content of this nutrient, so the clay and loam-clay soils are richer than loam-sandy and sandy soils (Navarro and Navarro, 2000).

This nutrient is generally classified in four forms: structural (reserve potassium), fixed, exchangeable and in soil solution. The exchangeable form is the available form of potassium on the soil, in which plants can absorb it easily; this fraction of  $K^+$  is absorbed in the surface of the particles of clay and organic matter, it is found in balance with the soil solution and it displaces quickly when plants absorb the one that is present in the solution; potassium in soil solution is dissolved and is immediately available for plants, however, present amounts are very small and, when the plant extracts the one that is in the soil solutions, its concentration is replenished immediately by the exchangeable  $K^+$  (Aguado *et al.*, 2002).

Approximately 90 % of the  $K^+$  that the plant absorbs accesses the root by diffusion. Reposition of this element to the soil solution comes from exchangeable  $K^+$ , retained electrostatically by the negative charges that surface and edges of the clay foils present (Haby *et al.*, 1990). Potassium deficiency is common in acid soils, sandy soils with high precipitation and soils where potassium is non-exchangeable fixed form. It must be acknowledged that soluble potassium levels of the soil are mere indicators of momentary availability. For the successful production of crops, it is important that

### Importancia del potasio

Dentro del rubro de nutrición vegetal 17 elementos se consideran como esenciales, de los cuáles el  $K^+$  es un macronutriente, por lo que, se requiere en grandes cantidades para el crecimiento y desarrollo normal de los cultivos. Algunas de sus funciones principales son: osmoregulación, síntesis de almidones, activación de enzimas, síntesis de proteínas y movimiento estomático (Marschner, 2012). Su deficiencia se manifiesta en una disminución de absorción de  $CO_2$ , lo que reduce el proceso de fotosíntesis, al inducir una resistencia al intercambio gaseoso por parte del mesófilo (Terry y Ulrich, 1973), esto limita el desarrollo de la fruta y por lo tanto el rendimiento (Menzel *et al.*, 1992).

### Potasio en el suelo

El  $K^+$  se halla en la mayoría de los suelos en cantidades relativamente altas. Su contenido como  $K_2O$  varía de 0.5 % (que equivale a 5 000 mg de  $K_2O$  por Kg de suelo) a 3 % (que equivale a 30 000 mg  $Kg^{-1}$ ), dependiendo de su textura; sin embargo, el 92 % al 98 % no está disponible para la planta. La fracción arcillosa es la que presenta un mayor contenido de este nutriente, por lo que los suelos arcillosos y limoso-arcillosos son más ricos que los limo-arenoso y arenosos (Navarro y Navarro, 2000).

Este nutriente se clasifica generalmente en cuatro formas: estructural (potasio de reserva), fijado, intercambiable y en solución del suelo. La forma intercambiable, es la forma disponible del potasio en el suelo, en el que las plantas lo pueden absorber fácilmente, esta fracción de  $K^+$  está absorbida en la superficie de las partículas de arcilla y materia orgánica, se encuentra en equilibrio con la solución del suelo y se desplaza rápidamente cuando las plantas absorben el potasio está presente en la solución; potasio que está en la solución del suelo, está disuelto y es inmediatamente disponible para las plantas, sin embargo, las cantidades presentes son muy pequeñas, cuando la planta extrae el que está en la solución del suelo, su concentración se repone inmediatamente por el  $K^+$  intercambiable (Aguado *et al.*, 2002).

Aproximadamente, el 90 % del  $K^+$  que la planta absorbe, accede a la raíz por difusión. La reposición de este elemento a la solución del suelo es a partir del  $K^+$  intercambiable, retenido electrostáticamente por las cargas negativas que presentan la superficie y los bordes de las láminas de arcilla (Haby *et al.*, 1990). La deficiencia de potasio es común en suelos ácidos, suelos arenosos con alta precipitación y en suelos donde se fija el potasio de forma no intercambiable. Se debe conocer que

potassium concentration in the soil solution is kept at a satisfactory level through the crop cycle (Ramirez, 1991).

#### Potassium in foliar tissue

The first symptom of potassium deficiency in the leaves of lychee is the loss of color in their edges; posteriorly, necrotic areas are developed in the apex and progress gradually to the base of the leaf; mature leaves fall prematurely, trees blossom but there is no fruit mooring (Menzel and Simpson, 1987).

In the case of lychee growth, foliar concentration standards of  $K^+$  have variation, in Africa is of 1.0 %, in Australia it ranges from 0.8 % to 1.2 %, while for India it is from 0.69 % to 1.28 % (Menzel and Simpson, 1987; Menzel *et al.*, 1992).

Sanyal and Mitra (1990), found that concentration of macronutrients in foliar tissue of lychee cv. Bombai decreased in the emergent panicle and increased gradually after the harvest, in addition to the position of the leaf and the branch, so it is recommended that for sampling aimed for nutritional diagnosis, it has to be sampled in the four cardinal points of the tree, the first two pairs of leaf from the mature bud, with no physical damage or diseases. For the determination of N, P and  $K^+$ , it is recommended that the sampling time is in August or September, while Menzel *et al.*, (1992) propose that for cultivars 'Tai So', 'Haak Yip' and 'Wai Chee', the foliar sampling must be made in the mature leaf under the vegetative flow or floral wreath, and the sampling moment is during the vegetative flow maturing that shows at the beginning of the Fall, until the panicle emergence, since during three years of study, concentration of most of the nutrients kept stable.

#### Potassium fertilization and its yield effect and fruit quality

Potassium requirement for this cultivate is higher than what it requires from nitrogen and phosphorus, one of the observed effects while applying  $K^+$  during the fall is the reduction of vegetative growth and the increase of flowering (Pathak and Mitra, 2010). The recommended  $K^+$  doses are varied and are recommended from two approaches, the first is by tree age, from the first year of planting to the fourth year, when doses of  $K^+$  vary depending on the country, in Florida USA, for example, doses go from 15, 20, 40 and 80 g of  $K^+$  per tree annually, in trees of 1, 2, 3 and 4 years old, while for Australia, in trees of the same age, doses go from 100, 150, 220

los niveles de potasio soluble del suelo son solamente indicadores de disponibilidad momentánea. Para la exitosa producción de cultivos es importante que la concentración de potasio en la solución del suelo se mantenga a un nivel satisfactorio a través del ciclo de cultivo (Ramírez, 1991).

#### Potasio en tejido foliar

El primer síntoma de deficiencia de potasio en las hojas de litchi es la pérdida de color, en los bordes de las hojas, posteriormente se desarrollan áreas necróticas en los ápices y progresan de forma gradual hacia la base de la hoja, las hojas maduras caen prematuramente, los árboles florecen pero no hay amarre de fruto (Menzel y Simpson, 1987).

En el caso del cultivo de litchi, los estándares de concentración foliar de  $K^+$  tienen variación, en África es de 1.0 %, Australia es de 0.8 % a 1.2 %, mientras que para la India 0.69 a 1.28 % (Menzel y Simpson, 1987; Menzel *et al.*, 1992).

Sanyal y Mitra (1990), encontraron que la concentración de macronutrientes en tejido foliar de litchi cv. Bombai disminuyó en la panícula emergente e incrementó gradualmente después de cosecha, además la posición de la hoja y posición de la rama, por lo que recomiendan que para muestreo con fines de diagnóstico nutricional se tiene que muestrear en los cuatro puntos cardinales del árbol, los dos primeros pares de hoja del brote maduro, sin daños físicos ni enfermedades; para la determinación de N, P y  $K^+$ , la época de muestreo recomiendan que sea en agosto o septiembre; mientras que Menzel *et al.*, (1992) proponen para cultivares 'Tai So', 'Haak Yip' y 'Wai Chee', el muestreo foliar se haga en la hoja recién madura bajo el flujo vegetativo o racimo floral y el momento de muestreo es durante la maduración del flujo vegetativo que aparezca a principios de otoño, hasta emergencia de panícula, ya que durante tres años de estudio la concentración de la mayoría de los nutrientes se mantuvo estable.

#### Fertilización potásica y su efecto en rendimiento y calidad de fruto.

El requerimiento de potasio por este cultivo es mayor que lo que requiere de nitrógeno y fósforo, uno de los efectos que se han observado cuando se aplica  $K^+$  en otoño, es reducción de crecimiento vegetativo e incremento de floración (Pathak and Mitra, 2010). Las dosis de  $K^+$  que se recomiendan son muy variables, y están recomendados desde dos enfoques, el primero es por edad del árbol desde el primer año de plantación hasta el cuarto año, donde las dosis de  $K^+$  varían dependiendo del país, por ejemplo para Florida, E.U. las dosis van de 15, 20, 40 y 80 g de  $K^+$  por árbol anualmente, en árboles de 1, 2, 3 y 4 años de edad, mientras que para Australia en árboles de la misma edad las do-

and 300 g of K<sup>+</sup> per tree per year. The second approach refers to an expected production of 100 kg of fruit per tree, doses are variable as well among countries, the lowest applied is by China with 180 g of K<sup>+</sup> per year per tree and the highest is Australia with 730 g (Menzel and Simpson, 1987).

In experimental conditions, doses of up to 1.25 kg of K<sup>+</sup> per plant per year have been evaluate, and it has been concluded that the fractioning of the doses and the moments of application have direct effect in yield and fruit quality, existing a positive correlation between the foliar content and yield, as well as with photosynthetic activity, stomal conductance and efficient water use (Pathak and Mitra, 2010). The application of irrigation along with fertilizer also has a significant effect, reducing the fruit drop (Reza *et al.*, 2007).

The application of 600 g of K<sub>2</sub>O per tree per year, applied in two fractions, 30 days before blossoming and 15 days after the fruit mooring was manifested in higher relation grades brix: acidity (64.01) and higher content of ascorbic acid (49.67 mg 100 g of aril), these values were practically duplicated in comparison with the control treatment (Pathak and Mitra, 2010).

For Mexico, Maldonado *et al.*, (2010) evaluated doses of K<sup>+</sup> from 145 g to 726 g per tree per year, they conclude that the effect of the fertilization is observed two years later, it must be mentioned that the study was made in irrigated agriculture conditions, and that the late application of fertilizer (november) could affect its effectiveness in the same production cycle and in the second cycle, since a null production per tree was obtained, and in best case, 3 kg fruits/tree.

## Conclusions

Lychee is a potential alternative for the agricultural Mexican field, especially in semi-tropical climates, however, the existing information in regard of its nutritional value has been mostly generated in other countries and other cultivars that do not correspond to 'Brewster', which is the most predominant in Mexico. It is necessary to generate research from the nutrimental balance point of view that Rodriguez (1990) proposes, where a yield goal, soil supply and recuperation efficiency of fertilizers must be considered, not only in potassium, but also in the other essential nutriments.

sis son de 100, 150, 220 y 300 g de K<sup>+</sup> por árbol al año, el segundo enfoque hace referencia en una producción esperada de 100 kg de fruto por árbol, también la dosis es variable entre países, quien más baja dosis aplica es China con 180 g de K<sup>+</sup> por árbol al año y el país que más aplica es Australia con 730 g (Menzel y Simpson, 1987).

En condiciones experimentales se han evaluado dosis de hasta 1.25 kg de K<sup>+</sup> por planta por año y se ha concluido que el fraccionamiento de la dosis y los momentos de aplicación tienen efecto directo en rendimiento y calidad de fruto, existiendo una correlación positiva entre el contenido foliar y el rendimiento, así mismo con actividad fotosintética, conductancia estomática y uso eficiente de agua (Pathak y Mitra, 2010). La aplicación de riego junto con el fertilizante también tiene efecto significativo, reduciendo caída de fruto (Reza *et al.*, 2007).

La aplicación de 600 g de K<sub>2</sub>O por árbol al año, aplicado en dos fracciones, 30 días antes de floración y 15 días después de amarre de fruto se manifestó en mayor relación grados brix: acidez (64.01) y mayor contenido de ácido ascórbico (49.67 mg 100 g de arilo), estos valores prácticamente se duplicaron en comparación con el tratamiento testigo (Pathak y Mitra, 2010).

Para el caso de México, Maldonado *et al.*, (2012) evaluaron dosis de K<sup>+</sup> desde 145 g hasta 726 g por árbol al año, concluyen que el efecto de la fertilización se observa dos años después, cabe mencionar que el estudio se realizó en condiciones de agricultura de temporal y que la aplicación tardía del fertilizante (noviembre) pudo afectar su efectividad en el mismo ciclo de producción y en el segundo ciclo, ya que se tuvo una nula producción por árbol, y en el mejor de los casos, 3 kg de fruto/árbol.

## Conclusiones

El litchee es una alternativa potencial para el campo agrícola mexicano, sobre todo en los climas semi-tropicales, sin embargo, la información existente en cuanto a su manejo nutricional en su mayoría se ha generado en otros países y en otros cultivares que no corresponden al 'Brewster', el cual es el de mayor predominancia en México. Es necesario generar investigación desde el punto de vista de balance nutrimental que propone Rodríguez (1990), en donde se tiene que considerar meta de rendimiento, suministro del suelo y la eficiencia de recuperación de los fertilizantes, no tan solo en potasio, sino también en los demás nutrientes esenciales.

**Referencias**

- Aguado-Lara, G., Etchevers-Barra, J.D., Hidalgo-Moreno, C., Galvis, S.A. and Aguirre-Gómez, A. 2002. Dinámica del potasio en suelos agrícolas. *Agrociencias* 36 (1): 11-21. <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2002/ene-feb/art-2.pdf>
- Haby, A.V., Russelle, M.P. and Skogly, E.O. 1990. Testing soil for potassium, calcium and magnesium. In: Soil testing and plant analysis. Soil Science Society of America. Madison, WI, USA, 181-227.
- G.H.D. Horticulture Australia Limited. Export Development Plan 2013-2017. <http://www.horticulture.com.au/librarymanager/libs/203/Lychee%20Export%20Development%20Plan%20Final.pdf> 2013; última consulta 11 de mayo de 2014.
- Magalhães, D.S.C.E., Da, C.S.J.O., Da, P.Q.C.R., Chamhum, S.L.C. and Horst, B.C. 2009. Raleio de frutos em licheira 'bengal'. *Revista Brasileira Fruticultura Jaboticabal* 31(2): 588-592. <http://www.scielo.br/pdf/rbf/v31n2/v31n2a38.pdf>
- Maldonado, P.R., Trinidad, S.A., Téliz, O.D., Vicente, A.V.A. and Volke, H.V. 2012. Respuesta del Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) a la Fertilización con NPK en el Norte de Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(3): 251-258. <http://www.redalyc.org/pdf/610/61024385008.pdf>
- Marschner, H. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, San Diego CA. USA. 681 pp.
- Menzel, C.M. and Simpson, C.R. 1987. Lychee Nutrition. A review. *Scientia Horticulturae* 31:195-224. <http://www.science-direct.com/science/article/pii/030442388790046X>
- Menzel, C.M. 2001. The physiology of growth and cropping in lychee. *Acta Horticulturae* 558: 175-184. [http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=558\\_24](http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=558_24)
- Menzel, C.M., Haydon, G.F. and Simpson, D.R. 1992. Mineral nutrient reserves in bearing litchi trees (*Litchi chinensis* Sonn.). *Journal of Horticultural Science* 67: 149-160. <http://europemc.org/abstract/AGR/IND92028261>
- Mitra, S.K. Overview of lychee production in the Asia-Pacific region. In: Papademetriou, M.K. and Dent, F.J. (eds) Lychee Production in the Asia Pacific Region. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand, 2002; pp. 5-13.
- Mitra, S.K. and Ray, P.K. 2005. Propagation. In: Litchi and Longan, botany, production and uses. (Eds C.M. Menzel and G. K. Waite). 35 pp.
- Navarro, B.S. and Navarro, G.G. 2000. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Ediciones Mundi- Prensa. México. 488 pp.
- Osuna, E.T., Valenzuela, R.G., Muy, R.M.D., Gardea, B.A.A. and Villarreal, R.M. 2008. Expresión del sexo y anatomía floral del litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(1): 51-56. <http://www.redalyc.org/pdf/610/61031107.pdf>
- Pathak, P.K. and Mitra, S.K. 2010. Rate and time of potassium fertilization influence yield and quality of litchi. *Acta Horticulturae* 863: 235-242. [http://www.actahort.org/books/863/863\\_30.htm](http://www.actahort.org/books/863/863_30.htm)
- Ramírez, R. 1991. El uso eficiente de los fertilizantes y el incremento de la productividad Agrícola en Venezuela. *Agronomía Tropical* 4: 29-33.
- 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). *Journal of Science Technology (Dinajpur)* 5: 52-59. [http://jsthsu.org/JST\\_PDF/JST\\_05\\_2007pdf/07.pdf](http://jsthsu.org/JST_PDF/JST_05_2007pdf/07.pdf)
- Rodríguez, S.J. 1993. La fertilización de los cultivos: Un método racional. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. 291 pp.
- Sanyal, D. and Mitra, S.K. 1990. Standardization of leaf sampling technique for mineral composition of litchi cv. Bombai. *Indian Journal of Horticulture* 47 (4): 371-375.
- Sarin NB, Prasad US, Kumar M, Jain SM. Litchi Breeding for Genetic improvement. Springer Science Business Media. 2009; 7:217-245. [http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-0-387-71201-7\\_7](http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-0-387-71201-7_7)
- SIAP (2013). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, con información de las Delegaciones de la SAGARPA. Disponible en : <http://www.siap.gob.mx/optestadisticasicon2012parcialisicon-zip/> Última consulta 10 de noviembre de 2014.
- Terry, N. and Ulrich, A. 1973. Effects of Potassium Deficiency on the Photosynthesis and Respiration of Leaves of Sugar Beet. *Plant Physiology* 51: 783-786. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC366345/>

- Valle, G., Alonso, A. and Alia, I. 2008. Atmósfera con bajo O<sub>2</sub> y alto CO<sub>2</sub> para la conservación de frutos de litchi. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31: 157-164. <http://www.redalyc.org/pdf/610/61031209.pdf>
- Wang, J.B., XS Wang and Jin, Z.Q. 2010. Enzymatic browning of postharvest litchi: a review. *Acta Horticulture* 863: 613-614.

**Cite this paper/Como citar este artículo:** Aburto-González, C.A., Ramírez Guerrero, L.G., Sánchez-Monteón, A.L., Valdivia-Reynoso, M.G. (2016). Potassium nutrition on lychee (*Litchi chinensis* Sonn). *Revista Bio Ciencias* 3(4): 249-255. <http://editorial.uan.edu.mx/BIOCIENCIAS/article/view/134/219>

