

# **Evaluación de tres dosis de potasio en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Crispa) bajo el sistema hidropónico recirculante NTF bajo invernadero**

***Manzano Ocaña J. C.***

Ingeniero Agrónomo, Técnico de Investigación, Tiempo Completo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

***Lindao Córdova V. A.***

Doctor en Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional San Marcos (UNMSM) Lima Perú: Profesor ocasional Tiempo Completo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

***Cabezas Huilca A.***

Master en Ciencias: Profesora a Tiempo Completo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

***Yáñez Villacís J.***

Ing. Agrónomo: Técnico Docente, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

***Cevallos Rodríguez J. P.***

Master en Gestión Ambiental: Profesor ocasional Tiempo Completo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

***Erazo Sandoval N. S.***

Doctor en Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional San Marcos (UNMSM) Lima Perú: Profesora a Tiempo Completo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

***Leiva Mora M.***

Doctor en Ciencias agrícolas: Profesor ocasional a Tiempo Completo de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Doi: 10.19044/esj.2018.v14n36p92 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n36p92](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2018.v14n36p92)

---

## **Abstract**

Three doses of potassium were evaluated in the production of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Crispa), under the recirculable NFT hydroponic system in the greenhouse of the Department of Horticulture of the ESPOCH. A completely randomized block design was used with three treatments and three replications. The doses evaluated were: low dose (LD) with 224,33 ppm, medium dose (MD) with 470,00 ppm, and high dose (HD) with 716,67 ppm.

Evaluated parameters were: potassium content in leaves and root, fresh weights of the aerial part and root, yield per net plot and hectare. The economic analysis was carried out according to the relation benefit/cost. The best results for most of the parameters evaluated were obtained with the low dose (LD), obtaining fresh weights of the aerial part and root of 193,01 and 36,65 g respectively. It has a yield per net plot of 2,04 kilograms and per hectare of 15338,75 kilograms, and the highest cost benefit with 4,63 dollars equivalent to 362,75%. On the other hand, the highest content of potassium in leaves and root up to 40 days after transplant (DAT) was obtained with the medium dose (MD) with 5,13 and 6,00% of total potassium, respectively. In all treatments, maintaining turgor in the plants throughout the cycle is very important. From the agronomic and economic point of view, the use a nutritive solution containing 224,33 ppm of potassium was recommended.

---

**Keywords:** Potassium, NFT system, turgor

---

### **Resumen**

Tres dosis de potasio fueron evaluadas en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.var. Crispa) bajo el sistema hidropónico recirculante NTF en el invernadero del Departamento de Horticultura de la ESPOCH (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Fue utilizado un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos y tres réplicas; las dosis evaluadas fueron: dosis baja (DB) con 224,33 ppm, dosis media (DM) con 470,00 ppm y dosis alta (DA) con 716,67 ppm. Los parámetros evaluados fueron: contenido de potasio en las hojas y la raíz, pesos frescos de la parte aérea y la raíz y producción por parcela neta y por hectárea; el análisis económico fue llevado a cabo según la relación beneficio costo. Los mejores resultados para la mayoría de los parámetros fueron obtenidos con la dosis baja (DB), obteniéndose pesos frescos de la parte aérea y la raíz de 193,01y 36,65 gr respectivamente; una producción por parcela neta de 2,04 kilogramos y de 15338,75 kilogramos por hectárea y el beneficio costo más alto con 4,63 dólares equivalente a 362,75%. Por otro lado, el contenido más alto de potasio en las hojas y raíces 40 días después del trasplante (DDT) fue obtenido con la dosis media (DM) con 5,13 y 6,00% de potasio total, respectivamente. En todos los tratamientos es importante mantener la turgencia en las plantas a lo largo del ciclo. Desde el punto de vista agronómico y económico se recomienda entonces utilizar una solución nutritiva que contenga 224,33 ppm de potasio.

---

**Palabras clave:** Potasio, sistema NFT, turgor

---

## **Introducción**

La lechuga es la hortaliza más importante del grupo de los vegetales de hoja que se consumen sin cocinarlos. Se puede cultivar durante todo el año, principalmente en lugares fríos, al aire libre o bajo invernadero. Este cultivo exige mucho cuidado, pues al ser de crecimiento rápido puede sufrir daños irreversibles en cortos intervalos de tiempo, los cuales podrán afectar su calidad física, sanitaria y organoléptica (Hydro Environment, 2017).

La lechuga depende del potasio para la salud general de la planta y la producción de calidad. La falta de potasio puede dar como resultado una mala calidad de la hoja, reduciendo significativamente su vida útil, además de propender a una mayor susceptibilidad a enfermedades (Compass Mineral, 2017).

El contenido total de potasio en los suelos frecuentemente excede los 20000 ppm, pero casi todo se encuentra como componente estructural de los minerales del suelo; es decir, no está disponible para el crecimiento de la planta. No obstante, se debe considerar que en los suelos el potasio está presente en tres formas: no disponible, lentamente disponible o fijo y fácilmente disponible o intercambiable (Kaiser et al., 2016).

El potasio tiene un papel importante en la regulación del potencial osmótico de las células vegetales, por lo que se considera a este elemento como el principal responsable de las relaciones hídricas de la planta y el ambiente, debiendo considerar que, las plantas con un suministro insuficiente de potasio son más susceptibles al estrés hídrico (Taiz & Zeiger, 2006).

A pesar de que el potasio no forma complejos orgánicos, es el mayor responsable de la dinámica inorgánica, debido a que activa más de sesenta enzimas involucradas principalmente en los procesos de fotosíntesis y respiración, siendo de vital importancia para el desarrollo vegetal (Hernández et al., 2010).

Otras de las funciones importantes de este elemento es la participación en la síntesis de carbohidratos y proteínas, en este último caso mediante el aumento de la conversión del nitrato absorbido, mejorando la eficiencia de fertilizantes nitrogenados aplicados, además de mantener el régimen hídrico de la planta, regular el cierre y apertura de los estomas y el aumento de la tolerancia a sequías, heladas, salinidad y enfermedades, valores típicos de potasio en las plantas son del 3 al 4% de materia seca (Moreno, 2007).

Como un osmorregulador, el potasio es un factor principal en los movimientos intrínsecos de las plantas, encargándose del control de la apertura y cierre de las celdas protectoras estomáticas y también de los movimientos o cambios diarios en la orientación de hojas, esto debido a su alta movilidad que le permite además equilibrar la carga de aniones tanto difusibles como no difusibles (Hopkins & Hüner, 2009).

La deficiencia de potasio produce la pérdida de turgencia y marchitamiento, que se ve más acentuada al existir déficit hídrico, también genera la descomposición del tejido parenquimatoso por el incremento en la actividad de ciertas hidrolasas o de oxidasas, como la polifenoloxidasas; además produce cambios químicos importantes que incluyen la acumulación de carbohidratos solubles y compuestos solubles de nitrógeno, así como la disminución en el contenido de almidón (Martínez & Garcés, 2010).

La lechuga de hojas crespas o rizadas es la que más se adaptan a la técnica hidropónica en NFT, debiendo monitorearse el pH y CE sin que le falte oxígeno, sobre todo en las horas del día donde la temperatura aumenta a más de 25 °C, siendo los sistemas por lo general recirculantes, la solución nutritiva debe manejar rangos de pH entre 5.5 a 6.5 y la CE entre 0,7 a 1,5 dS/m (Hydro Environment, 2017).

Si bien es cierto que la producción de la lechuga hidropónica es variada con una tendencia mayoritaria para autoconsumo, al implementar estos sistemas se incrementa sustancialmente el rendimiento por unidad de superficie y tiempo, pues se puede obtener 24 plantas/m<sup>2</sup>; es decir tres veces más de lo establecido en 1 m<sup>2</sup> de suelo, y al acortarse el ciclo de cultivo, siendo este de 4 a 5 semanas en verano y de 6 a 7 en pleno invierno, posibilita hasta 8 cosechas al año frente a 2 o 3 cosechas en el sistema convencional (Carrasco & Sandoval, 2016).

## **Materiales y métodos**

### **Fase de campo**

Se evaluaron 300 plantas de lechuga variedad crispa, trasplantadas en 3 módulos de producción hidropónica para el sistema NFT. El monitoreo del pH y de la conductividad eléctrica (CE) se realizó diariamente con un sensor manual, y con la ayuda de un temporizador electrónico digital se controlaron los ciclos de recirculación de la solución nutritiva, considerándose 12 ciclos de un minuto al día. De igual manera, la temperatura y humedad en el interior del invernadero se registraron con un termohigrógrafo digital. Se determinó el contenido de potasio en hojas y raíz y los pesos frescos tanto de la parte aérea como de la raíz a los 16, 24, 32 y 40 DDT, también el rendimiento por parcela neta y por hectárea y finalmente se realizó el análisis económico utilizando la relación beneficio costo.

### **Preparación de las soluciones nutritivas**

Se preparó la solución nutritiva en base a la recomendada por la Universidad Nacional Agraria La Molina (Rodríguez, 2012) con variaciones en las fuentes y dosis, empleando 26,30 g de 10N-52P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-10K<sub>2</sub>O más microelementos EDTA, 135 g de sulfato de magnesio, 13 g de nitrógeno al 46% más aminoácidos y 15,5 ml de ácido nítrico por cada módulo de

producción, fraccionándose la solución en cuatro épocas de aplicación. El potasio fue aplicado conjuntamente con los demás fertilizantes, utilizando como fuente un fertilizante quelatado que contenía 28%  $K_2O$  p/v, siendo variable la cantidad a utilizarse en función de las dosis que se evaluaron como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Cantidad de potasio para la dosis baja (DB), dosis media (DM) y dosis alta (DA)

Tratamiento	Épocas de aplicación				Cantidad total (ppm)
	1ra (ppm)	2da (ppm)	3ra (ppm)	4ta (ppm)	
<b>DB</b>	67,30	67,30	44,87	44,87	224,33
<b>DM</b>	141,00	141,00	94,00	94,00	470,00
<b>DA</b>	215,00	215,00	143,33	143,33	716,67
<b>Total (ppm)</b>					1411,00

### Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con tres tratamientos y tres repeticiones. Se determinó el coeficiente de variación y la prueba de Tukey al 5% usando el programa INFOSTAT versión 2015 (Di Rienzo, 2015).

### Resultados y Discusión

Los resultados promedio de cada parámetro evaluado en esta investigación junto con sus respectivos niveles de significancia se encuentran representados en la Tabla 2. Adicionalmente, el rendimiento por parcela neta y por hectárea, junto con el análisis beneficio costo obtenido con cada dosis de potasio se puede apreciar en la Tabla 3.

**Tabla 2.** Resultados promedio de los parámetros evaluados en las 4 fechas de evaluación

Dosis/ Fechas (DDT)	Parámetros evaluados												
	K en hojas (%)			K en raíz (%)			Pf-parte aérea (g)			Pf-raíz (g)			
	24	32	40	24	40	16	24	32	40	16	24	32	40
<b>DB</b>	5,40 <sup>a</sup>	5,00 <sup>a</sup>	3,27 <sup>c</sup>	3,60 <sup>a</sup>	1,50 <sup>c</sup>	3,97 <sup>a</sup>	63,39 <sup>a</sup>	128,23 <sup>a</sup>	193,01 <sup>a</sup>	1,20 <sup>a</sup>	12,06 <sup>a</sup>	23,89 <sup>a</sup>	36,65 <sup>a</sup>
<b>DM</b>	3,70 <sup>b</sup>	4,60 <sup>a</sup>	5,13 <sup>a</sup>	2,20 <sup>b</sup>	6,00 <sup>a</sup>	3,70 <sup>a</sup>	48,21 <sup>b</sup>	92,54 <sup>b</sup>	149,05 <sup>b</sup>	1,15 <sup>a</sup>	10,37 <sup>b</sup>	18,45 <sup>b</sup>	32,21 <sup>b</sup>
<b>DA</b>	2,93 <sup>c</sup>	2,60 <sup>b</sup>	3,93 <sup>b</sup>	0,90 <sup>c</sup>	5,10 <sup>b</sup>	3,30 <sup>b</sup>	40,74 <sup>c</sup>	81,86 <sup>b</sup>	97,90 <sup>c</sup>	1,01 <sup>b</sup>	9,69 <sup>b</sup>	15,78 <sup>c</sup>	21,73 <sup>c</sup>

*K = Potasio, Pf = Peso fresco*

Nota: Los datos son el valor promedio de tres repeticiones, los valores medios de superíndices de diferentes letras son significativamente diferentes y las mismas letras no son estadísticamente diferentes mediante la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

**Tabla 3.** Rendimiento por parcela neta y por hectárea, y relación costo beneficio

Dosis	Rendimiento		Relación Beneficio costo	Rentabilidad (%)
	Kilos/parcela neta	Kilos/hectárea		
DB	2,04 <sup>a</sup>	15338,75 <sup>a</sup>	4,63	362,75
DM	1,66 <sup>b</sup>	12464,50 <sup>b</sup>	2,83	182,61
DA	1,17 <sup>c</sup>	8784,25 <sup>c</sup>	1,66	65,76

Nota: Los datos son el valor promedio de tres repeticiones, los valores medios de superíndices de diferentes letras son significativamente diferentes y las mismas letras no son estadísticamente diferentes mediante la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

### Contenido de potasio en hojas

El análisis de varianza para el contenido de potasio en hojas demostró que a los 16 DDT no existieron diferencias significativas entre tratamientos, en tanto que a los 24, 32 y 40 DDT existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con coeficientes de variación de 2,42; 5,94 y 2,56% respectivamente.

Además, mediante la prueba de Tukey al 5% a los 24 DDT se determinó que existen 3 rangos: en el rango “a” con 5,40% se ubicó el tratamiento 1 (DB); mientras que en el rango “b” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 3,70% y en el rango “c” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 2,93% de potasio total. A los 32 días se determinaron 2 rangos: en el rango “a” se ubicaron el tratamiento T1 (DB) con 5,00% y el tratamiento 2 (DM) con 4,60%; mientras que en el rango “b” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 2,60% de potasio total. Finalmente, a los 40 DDT también se determinaron 3 rangos: en el rango “a” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 5,13%; mientras que en el rango “b” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 3,93% y en el rango “c” se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 3,27% de potasio total.

Al respecto Sosa et al. (2017), empleando un suelo limo arenoso como sustrato el cual contenía 960 ppm de K-intercambiable, determinaron una concentración en la parte aérea de 7,1; 6,0 y 5,5% de K a los 24, 35 y 43 DDT. Al considerar las dosis de K evaluadas en el presente estudio, los porcentajes de este elemento en la parte aérea son ligeramente inferiores, aproximadamente en un 24 y 17% para el caso del tratamiento 1 (DB) en las dos primeras fechas, en tanto que a los 40 DDT con el T2 (DM) la concentración fue de 5,13%. A pesar de que la dosis alta contiene 716,67 ppm de K, es el tratamiento que presentó menor porcentaje de este elemento en la parte aérea. Esto pudo estar directamente relacionado con el crecimiento más limitado que se evidenció en las plantas expuestas a esta dosis, pues como lo manifiestan Inthichack et al. (2012) un aumento de K a 643,70 ppm no genera ningún beneficio adicional en el crecimiento de la lechuga en un sistema hidropónico. Igualmente, la madurez comercial se alcanzó en todos los

tratamientos a los 42 DDT por lo que relacionando esto con lo indicado por los mismos autores que señalan que al alcanzar la madurez comercial, la concentración de K en las hojas desciende hasta 4,3%, se explicaría por qué el valor fue decreciente en el caso del T1 (DB).

Por otra parte, Bloodnick (2017) manifiesta que los análisis de tejido de las hojas muestran que los niveles de potasio a menudo son cercanos a los del nitrógeno (entre 3 y 5% expresado en peso seco), siendo el potasio que se encuentra dentro de la solución de las células de la planta el que mantiene la presión de turgencia. Esto coincide con lo observado en la investigación realizada pues las plantas mantuvieron su turgencia durante el ciclo de producción en todos los tratamientos evaluados, a pesar de estar sometidas a temperaturas elevadas hasta 37 °C al interior del invernadero y a una temperatura media de 22,84 °C  $\pm$  5,22 (media  $\pm$  Desviación estándar), pues en todas las fechas de evaluación el porcentaje de K en las hojas se mantuvo dentro del rango indicado anteriormente (3 y 5%).

### **Contenido de potasio en raíz**

El análisis de varianza para el contenido de potasio en raíz demostró que a los 16 y 32 DDT no existieron diferencias significativas entre tratamientos, en tanto que para los 24 DDT existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos con un coeficiente de variación igual a 6,00% y finalmente a los 40 DDT existieron diferencias significativas entre las repeticiones y diferencias altamente significativas con un coeficiente de variación de 1,37%.

Mediante la prueba de Tukey al 5% a los 24 DDT se determinó que existen 3 rangos: en el rango “a” se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 3,60%; mientras que en el rango “b” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 2,20% y en el rango “c” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 0,90% de potasio total. Además, a los 40 DDT se determinaron 3 rangos: en el rango “a” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 6,00%; mientras que en el rango “b” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 5,10% y en el rango “c” se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 1,50% de potasio total, manteniéndose la misma tendencia de lo acontecido en la parte aérea en la última fecha de evaluación.

Sosa et al. (2017), determinaron una concentración de potasio en la parte radicular de 7,40 y 6,30% de K a los 24 y 43 DDT. En la presente investigación la concentración de K en la raíz de la lechuga cresa a los 24 DDT fue menor en todos los casos, siendo ligeramente similar a lo obtenido con el T2 (DM) a los 40 DDT con un valor de 6,00%. Además, se mantiene la misma tendencia de lo acontecido con el contenido de potasio en las hojas, en todos los tratamientos en la misma fecha de evaluación.

### **Peso fresco de la parte aérea**

El análisis de varianza para el peso fresco de la parte aérea a los 16, 24, 32 y 40 DDT demostró que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con coeficientes de variación de 3,20; 4,11; 4,05 y 3,82% respectivamente.

Mediante la prueba de Tukey al 5%, a los 16 DDT se determinó que existen 2 rangos: en el rango “a” se ubicaron el tratamiento 1 (DB) con 3,97 g y el tratamiento 2 (DM) con 3,70 g; mientras que en el rango “b” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 3,30 g. A los 24 DDT se determinaron 3 rangos: en el rango “a” se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 63,39 g; mientras que en el rango “b” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 48,21 g y en el rango “c” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 40,74 g. A los 32 DDT se determinaron 2 rangos: en el rango “a” se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 128,23 g; mientras que en el rango “b” se ubicaron el tratamiento 2 (DM) con 92,54 g y el tratamiento 3 (DA) con 81,86 g. Finalmente a los 40 DDT se determinaron 3 rangos: en el rango “a” se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 193,01 g mientras que en el rango “b” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 149,05 g y en el rango “c” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 97,90 g.

El tratamiento 1 (DB) permitió la obtención de los mayores pesos frescos de la parte aérea superando los valores alcanzados por las demás dosis en todas las fechas de evaluación, ya que como lo manifiesta Intagri (2017), el potasio es un nutriente clave en la relación agua-planta al ayudar a los vegetales a mantener altos niveles de turgencia, influyendo además en el peso fresco pues garantiza niveles adecuados de agua en las plantas.

Además, como lo explica Gutiérrez (2002), cuando el potasio entra en el sistema metabólico de las células, forma sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las mismas que sirven para regular el potencial osmótico celular; Conjuntamente con lo manifestado por Di Benedetto & Tognetti (2016), quienes afirman que en condiciones de turgencia plena el peso fresco o húmedo es un buen estimador de la acumulación de biomasa, la presente investigación podría demostrar que se establece una relación directa entre el peso fresco y el rendimiento, el cual fue mayor con la dosis más equilibrada de potasio en la solución nutritiva.

### **Peso fresco de la raíz**

El análisis de varianza para el peso fresco de la raíz a los 16, 24, 32 y 40 DDT demostró que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con coeficientes de variación de 2,35; 3,84; 3,55 y 2,82% respectivamente.

Mediante la prueba de Tukey al 5%, a los 16 DDT se determinó que existen 2 rangos: en el rango “a” se ubicaron el tratamiento 1 (DB) con 1,20 g y el tratamiento 2 (DM) con 1,15 g; mientras que en el rango “b” se ubicó

el tratamiento 3 (DA) con 1,01 g. A los 24 DDT se determinaron 2 rangos: en el rango “a” se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 12,06 g: mientras que en el rango “b” se ubicaron el tratamiento 2 (DM) con 10,37 g y el tratamiento 3 (DA) con 9,69 g. A los 32 DDT se determinaron 3 rangos: en el rango “a” se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 23,89 g, mientras que en el rango “b” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 18,45 g y en el rango “c” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 15,78 g. Finalmente a los 40 DDT se determinaron 3 rangos: en el rango “a” se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 36,65 g: mientras que en el rango “b” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 32,21 g y en el rango “c” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 21,73 g, manteniéndose la tendencia de la evaluación anterior.

Al respecto, Melgar et al. (2015), manifiestan que el potasio permite el desarrollo de raíces más vigorosas que permiten un mejor uso del agua; además, Urrestarazu (2015), indica que la concentración óptima de potasio en la solución nutritiva está entre 150 a 400 ppm, rango en el que se encasilla la dosis baja con 224,33 ppm de K, e incluso la dosis media con 470 ppm no se aparta mucho de este rango. Por esta razón, en función de los datos registrados, se puede apreciar cómo el peso fresco de la raíz es mayor en el tratamiento 1 (DB), pues como manifiesta Matts (2015), el potasio cumple un papel esencial para mantener el contenido de agua de las células vegetales, lo que guarda relación con el peso fresco.

### **Rendimiento por parcela neta y por hectárea**

El análisis de varianza para el rendimiento por parcela neta y por hectárea en kilos a la madurez comercial (42 DDT) demostró que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,73 %.

Mediante la prueba de Tukey al 5% para el rendimiento por parcela neta, se determinó que existen 3 rangos: en el rango “a” se ubicó el tratamiento 1 (DB) con 2,04 kilos: mientras que en el rango “b” se ubicó el tratamiento 2 (DM) con 1,66 kilos y en el rango “c” se ubicó el tratamiento 3 (DA) con 1,17 kilos, lo que expresado en kilos por hectárea se tradujo en 15338,75 kilos para el tratamiento 1 (DB), 2464,50 kilos para el tratamiento 2 (DM) y 8784,25 kilos para el tratamiento 3 (DA). En condiciones hidropónicas con el tratamiento 1 (DB) se obtuvieron lechugas más grandes y con mayor peso fresco y, si bien es cierto que la producción de la lechuga hidropónica es variada, con una tendencia mayoritaria para autoconsumo, al implementar estos sistemas se incrementa sustancialmente el rendimiento por unidad de superficie y tiempo, pues se pueden obtener 24 plantas/m<sup>2</sup>; es decir tres veces más de lo establecido en 1 m<sup>2</sup> de suelo, y al acortarse el ciclo de cultivo, siendo este de 4 a 5 semanas en verano y de 6 a 7 en pleno invierno, hace posible

obtener de 8 a 9 cosechas al año frente a 2 o 3 cosechas en el sistema convencional (Carrasco & Sandoval, 2016).

### **Análisis económico**

Con el tratamiento 1 (DB) se obtuvo el mayor beneficio costo, con un valor de 4,63 dólares, lo que equivale al 362,75% de rentabilidad. Por el contrario, con el tratamiento 3 (DA) se obtuvo el menor beneficio costo con 1,66 dólares, equivalente al 65,76% de rentabilidad.

### **Conclusiones**

- El tratamiento 1 (DB) en pesos frescos de la parte aérea y raíz a los 40 DDT con 193,01 y 36,65 g respectivamente, contenido de potasio en hojas y raíz a los 24 DDT con 5,40 y 3,6 % del potasio total, obtuvo los valores más altos, a excepción del contenido de potasio en hojas y raíz a los 40 DDT que fue superado por el tratamiento 2 (5,13 y 6,00 % de potasio total) y el tratamiento 3 (3,93 y 5,10 % de potasio total).
- El mayor rendimiento con 15338,75 kg/ha, al igual que el mayor beneficio costo con un valor de 4,63 dólares equivalente a 362,75 %, se obtuvo con la aplicación de una solución nutritiva que contenía 224,33 ppm de K correspondiente al tratamiento 1 (DB).

### **Agradecimientos**

Al equipo científico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por su valiosa contribución científica y técnica.

### **References:**

1. Bloodnick, E. (2017). Rol del potasio en el cultivo de plantas (en línea). Consultado el 26 de noviembre de 2017. Disponible en: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-potasio-en-el-cultivo-de-plantas/>
2. Carrasco, G. & Sandoval, C. (2016). Manual práctico del cultivo de la lechuga. Mundi-Prensa. Madrid, España. 30-49 p.
3. Compass Mineral. (2017). Potassium Fertilizer for Growing Lettuce. Protassium+® (en línea). Consultado el 16 de noviembre de 2017. Disponible en: <http://www.protassiumplus.com/lettuce>
4. Di Benedetto, A. & Tognetti, J. (2016). Técnicas de análisis de crecimiento de plantas: su aplicación a cultivos intensivos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)*. 42(3):258-282.
5. Di Rienzo J.A., C. F. (2015). InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina (en línea). Consultado el 4 de mayo de 2017. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>

6. Gutiérrez, M. (2002). Potasio y calcio aplicado al suelo y su influencia en la productividad y calidad en hortalizas (en línea). Consultado el 26 de noviembre de 2017. Disponible en: <http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio2/Ponencia02.pdf>
7. Hernández, J., Barbazán, M. & Perdomo, C. (2010). Potasio (en línea). Consultado el 22 de agosto de 2017. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/curso/docs/Potasio.pdf>
8. Hopkins, W. & Hüner, N. (2009). Introduction to plant physiology (4<sup>a</sup> ed.). United States of America: Wiley. 528 p.
9. Hydro Environment (2017). Guía para el cultivo de lechuga (en línea). Consultado el 14 de julio de 2017. Disponible en: [http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=292](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=292)
10. Intagri (2017). Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal (en línea). Consultado el 12 de julio de 2017. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal>
11. Inthichack, P., Nishimura, Y. & Fukumoto, Y. (2012). Effect of potassium sources and rates on plant growth, mineral absorption, and the incidence of tip burn in cabbage, celery, and lettuce. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 53(2):135–142.
12. Kaiser, D., Rosen, C. & Lamb, J. (2016). Potassium for crop production (en línea). Consultado el 16 de noviembre de 2017. Disponible en: <http://www.extension.umn.edu/agriculture/nutrient-management/potassium/potassium-for-crop-production/docs/potassium-for-crop-production.pdf>
13. Koetz, M., Coelho, G., Da Costa, C., Lima, E. & De Souza, R. (2006). Effect of potassium doses and irrigation frequency in the production of the american lettuce in greenhouse condition. *Engenharia Agrícola*. 26(3):730-737.
14. Martínez, F. & Garcés, G. (2010). Crecimiento y producción de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. romana) bajo diferentes niveles de potasio. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 4(2):185-198.
15. Matts, I. (2015). The role of potash in plants (en línea). Consultado el 26 de noviembre de 2017. Disponible en: <https://www.pda.org.uk/the-role-of-potash-in-plants/>
16. Melgar, R., Magen, H. & Imas, P. (2015). El rol del potasio en la producción agrícola (en línea). Consultado el 25 de noviembre de 2017. Disponible en [http://www.fertilizando.com/articulos/melgar\\_magen\\_imas-rol-potasio-en-produccion-agricola.pdf](http://www.fertilizando.com/articulos/melgar_magen_imas-rol-potasio-en-produccion-agricola.pdf).

17. Moreno, A. (2007). Elementos nutritivos. Asimilación, funciones, toxicidad e indisponibilidad en los suelos. Torreón, Coahuila de Zaragoza - México: Libros en red. 82 p. Consultado el 13 de agosto de 2017. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=KAqX9kMkCyEC&pg=PA18&dq=#v=onepage&q&f=false>
18. Rodríguez, A. (2012). Sistema NFT o Recirculable (en línea). Consultado el 25 de agosto de 2017. Centro de Investigación de Hidroponía. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. Disponible en: <https://cthidroponia.files.wordpress.com/2012/01/4nft-lechuga.pdf>
19. Sosa, A., Ruíz, G., Padilla, J., Etchevers, J., Castellanos, J. & Robles, R. (2017). Curvas de acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cv. coolward cultivada en invernadero en México. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. 25:23-28.
20. Taiz, L. & Zeiger, E. (2006). Fisiología vegetal (3ª ed., Vol. I). Los Ángeles, Estados Unidos: Universitat Jaume I. 558 p. Consultado el 25 de agosto de 2017. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=7QIbYg-OC5AC&pg=PA133#v=onepage&q&f=false>
21. Urrestarazu, M. (2015). Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía. Mundi-Prensa. Madrid, España. 278 p.