



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE DEFICIENCIAS NUTRICIONALES EN QUINUA
HIDROPÓNICA (*Chenopodium quinoa* Willd.), MEDIANTE LA
TÉCNICA DEL ELEMENTO FALTANTE BAJO INVERNADERO**

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del Título de
Ingeniero Agrónomo**

Autor: Alfonso Galvis Gustavo Adolfo

Tutora: Soraya Patricia Alvarado Ochoa, Ph.D.

Quito, julio 2017

7. RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo de origen andino, que está siendo sembrado cada vez en más países, en mayor superficie y es considerada como uno de los alimentos de mayor valor nutricional de origen vegetal (Bonifacio, 2006). En el Ecuador este cultivo tiene un espacio productivo amplio pues el país posee características geográficas y climáticas adecuadas para su desarrollo; sin embargo, la problemática de la producción del cultivo radica en que generalmente los que producen este tipo de cultivos son agricultores que no realizan una adecuada fertilización del suelo lo que provoca una baja productividad (Pinto, 2013).

La fertilización es una práctica indispensable para mejorar la calidad y productividad de los cultivos y es una de las prácticas que más influye en el crecimiento y calidad de las plantas, ya que los nutrientes que se aplican inciden en los procesos fisiológicos (Fritz, 1991). El efecto que presenta una planta frente a la ausencia de un elemento esencial se observa a través de la técnica del elemento faltante; la cual se basa en el establecimiento de un tratamiento de fertilización completa que incluye todos los elementos que van a ser evaluados y de una serie de tratamientos individuales en los cuales se omite un único elemento a la vez (Bertsch, 1982).

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar las deficiencias nutricionales del cultivo de quinua (*C. quinoa* Willd.), mediante la técnica del elemento faltante en condiciones hidropónicas bajo invernadero. Se prepararon soluciones nutritivas madres, a partir de éstas se tomaron alícuotas para obtener soluciones nutritivas necesarias para dar el riego según cada tratamiento a la pomina que fue usada como sustrato en las unidades experimentales.

Se establecieron dos experimentos bajo invernadero en donde se evaluó la ausencia de un nutriente en las siguientes variables: altura de la planta, diámetro del tallo, clorofila y color (experimento 1). Los datos se tomaron al trasplante y cada 7 días después del mismo; con excepción de la variable producción de biomasa (experimento 2), cuyos datos se tomaron al trasplante y cada 15 días después del trasplante. El factor en estudio fue el tipo de fertilización con 14 tratamientos; el testigo recibió el riego con todos los elementos esenciales; y los demás tratamientos recibieron la omisión de uno de los nutrientes esenciales.

Para el análisis estadístico en ambos experimentos, se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), con tres repeticiones en el experimento 1 y cuatro repeticiones en el experimento 2. El establecimiento de las diferencias entre tratamientos se realizó a través de la prueba de Bonferroni al 5 %. Además, se ejecutó un modelo de regresión logístico normal para la producción de biomasa en el tiempo.

Los resultados del experimento 1 de esta investigación mostraron que la variable altura de planta para los tratamientos carentes de Fe, Zn, Mn y Ca fue superior comparada con el tratamiento completo; en tanto que para la variable diámetro del tallo, el tratamiento completo fue el que presentó el mejor diámetro frente al resto de tratamientos. Los tratamientos sin N, B, K y P presentaron poco crecimiento de la planta y bajo grosor del tallo. El valor más alto para las variables clorofila y color lo presentó el tratamiento 4 (-K), mientras que el tratamiento 2 (-N) fue el más bajo.

Los resultados del experimento 2 mostraron que el tratamiento completo es el que presenta la más alta curva de producción de biomasa similar a los tratamientos carentes de Cu y Co, frente al resto de tratamientos, en los que la producción es menor. Los tratamientos que presentaron menor producción de biomasa coinciden con los que tuvieron menor altura y diámetro de planta.

La tasa de crecimiento para las variables altura de planta, diámetro de tallo y biomasa mostró los valores más altos con los tratamientos con omisión de Fe, Zn, Mn y Mo hasta los 49 días después del trasplante; sin embargo, a los 56 días después del trasplante el tratamiento con la fertilización completa mostró una tasa de crecimiento superior. La tasa de crecimiento para el diámetro de tallo fue superior en los tratamientos en donde se realizó la fertilización completa y el de omisión de Ca. La tasa de crecimiento en biomasa fue mejor en la fertilización completa y en los tratamientos carentes de Mo y Co. Los tratamientos de omisión de N, K y B presentaron una baja tasa de crecimiento.

El análisis de correlación de Pearson mostró que todas las variables evaluadas están altamente relacionadas; y dicha relación aumenta a medida que la planta avanza en su etapa fenológica.

Los tratamientos que presentaron síntomas visuales de deficiencias fueron los que tuvieron omisión de N, P, K, S y B. Las plantas en el tratamiento sin N fueron pequeñas con hojas cloróticas. Las plantas en el tratamiento sin P fueron pequeñas y presentaron clorosis en los bordes de las hojas inferiores para luego necrosarse en diferentes zonas de las hojas. Las plantas sin K tuvieron un crecimiento reducido, clorosis en los bordes de las hojas, necrosamiento en donde inició la clorosis y finalmente éstas se enrollaron. Las plantas desarrolladas sin S fueron grandes con clorosis inicial en las hojas bajas, para después extenderse a hojas superiores. En el tratamiento con omisión de B las plantas fueron pequeñas con marchitamiento de las yemas apicales.

Los tratamientos de omisión de Ca, Mg, Zn, Fe, Cu, Mn, Mo y Co no presentaron síntomas de deficiencias visuales en las plantas de quinua; resultados que indican que el requerimiento de estos nutrientes estuvo por debajo de la concentración en la solución utilizada.

SUMMARY

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is a crop of Andean origin; which is being planted in greater area and in more countries every time. It is considered one of the foods with the highest plant originated nutritional value (Bonifacio, 2006). In Ecuador, this crop has a wide productive area because the country has suitable geographic and climatic characteristics for its development. However, the problem of the quinoa production is that farmers do not have adequate fertilization programs, which causes low productivity (Pinto, 2013).

Fertilization is an indispensable practice to improve crop quality and productivity. It is one of the practices that influences the most to the plant growth and quality, since the applied nutrients affect the physiological processes (Fritz, 1991). The effect of the essential nutrient absence in a plant is observed using the missing element method; which is based on the establishment of a complete fertilization treatment that includes all the nutrients to be evaluated and the treatments with every nutrient being omitted (Bertsch, 1982).

The main objective of this research was to evaluate the nutritional deficiencies of the quinoa crop (*C. quinoa* Willd.) by the missing element method under hydroponic conditions in the greenhouse. Aliquots of concentrated nutrient solutions were taken to obtain the irrigation solutions for each studied treatment applied to the pumice substrate used for all the experimental units.

Two experiments were established in the greenhouse to evaluate the absence of a nutrient on plant height, stem diameter, chlorophyll and leaf color (experiment 1). The data was taken at the transplant and every 7 days afterwards; except biomass production (experiment 2), which was measured at the transplant and every 15 days thereafter. The studied factor was fertilization with 14 treatments. The control treatment was irrigated with all the essential nutrients; while the rest of the treatments had the omission of an essential nutrient.

Both experiments were under a completely randomized design (CRD) with three replicates in experiment 1 and four replicates in experiment 2. The Bonferroni test was performed at 5% to establish differences between treatments. In addition, a normal logistic regression model was performed for biomass production as function of time.

The results of experiment 1 showed that plant height for the treatments lacking of Fe, Zn, Mn and Ca was higher than that for the complete treatment. The stem diameter of the complete treatment was the highest among all the treatments. The treatments without N, B, K and P presented lower plant growth and thickness of the stem compared with the rest of the treatments. The highest value for chlorophyll and color was observed for treatment 4, and the lowest value was associated with treatment 2.

The results of the experiment 2 showed the higher biomass production curve was associated with the complete treatment; which was similar to those treatments lacking of Cu and Co compared with the rest of the treatments. The treatments that presented smaller biomass production were the ones with the smaller plant height and diameter.

Higher growth rate for plant height, stem diameter and biomass showed the treatments without Fe, Zn, Mn and Mo up to 49 days after transplantation. However, the complete fertilization treatment showed the highest growth rate at 56 days after transplantation. The stem diameter growth rate was higher in the complete fertilization and without Ca treatments; and the biomass growth rate was better in the complete fertilization and without Mo and Co treatments compared with the rest of the treatments. The omission treatments for N, K and B presented low rate of growth.

The Pearson correlation analysis showed that all the evaluated variables are highly correlated; and this correlation increased as the plant advanced in its phenological stage.

The treatments that presented visual symptoms of deficiencies were those with omission of N, P, K, S and B. The plants in the treatment without N were small with chlorotic leaves. Plants in the treatment without P presented reduced size, chlorosis in the edges of the inferior leaves and soon necrotic tissue was observed in different zones of the leaves. Plants developed without K had reduced growth, chlorosis in the edges of the leaves, necrosis where the chlorosis began and finally these leaves rolled. Plants developed without S were long, showing chlorosis first on lower leaves and then on the upper leaves. Plants developed without B were small with apical buds withered.

The omission treatments for Ca, Mg, Zn, Fe, Cu, Mn, Mo and Co did not show visual deficiency symptoms in the quinoa plants. These results indicate that the plant nutrient requirement was lower than the concentration of the nutrient solution used in this research.