

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
Carrera de Ingeniería Agronómica**

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR Y EDÁFICA CON
HIERRO Y ZINC PARA LA BIOFORTIFICACIÓN
AGRONÓMICA DEL TUBÉRCULO DE PAPA(*Solanum
tuberosum* L.) BAJO INVERNADERO. CUTUGLAGUA,
PICHINCHA**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO AGRÓNOMO**

ARÍSTIDES RODRIGO VÉLEZ NAVARRETE

QUITO - ECUADOR

2013

7. RESUMEN

El Ecuador enfrenta serios problemas relacionados con la nutrición y alimentación, los cuales son más severos en la población infantil menor a 5 años (Herrera *et al.*, 1999). La deficiencia de Zinc, se asocia con retardo del desarrollo físico, psicomotor y al aumento de la morbilidad y enfermedades infecciosas durante la infancia. Estas manifestaciones se hacen más marcadas si su déficit se asocia a deficiencia de Hierro (Piñeiro, 2010).

En los últimos años, mediante técnicas agrícolas convencionales y métodos de ingeniería genética, se han logrado cultivos con una mayor calidad nutricional. Los estudios han demostrado la potencialidad de explotar las variaciones genéticas observadas en las semillas respecto de las concentraciones de micronutrientes como Hierro y Zinc, sin que se afecte el rendimiento de la cosecha; tal es el caso de la biofortificación (Gregorio *et al.*, 2000). La cual es el proceso que se obtienen alimentos vegetales que resultan enriquecidos en micronutrientes biodisponibles. De esta manera la ciencia puede proveer a los agricultores de variedades de cultivos que pueden contribuir a reducir la deficiencia de micronutrientes en poblaciones en riesgo (Welch R, Graham R. 1999).

Con los antecedentes mencionados, el Departamento de Suelos y Aguas del INIAP, pretende con esta investigación evaluar las variaciones en el contenido mineral de Hierro y Zinc en los tubérculos, atribuibles a la fertilización foliar y edáfica en la variedad INIAP-Natividad bajo condiciones de invernadero.

El presente ensayo se realizó bajo invernadero, en la provincia de Pichincha, en la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP). Se utilizó un Diseño de Parcela Dividida con ocho repeticiones con 10 tratamientos provenientes de la interacción entre dos niveles de fertilización foliar y cinco niveles de fertilización edáfica con Hierro y Zinc.

Las variables evaluadas fueron: altura de planta, número de tubérculos por planta, rendimiento por planta, rendimiento de biomasa, contenido de Hierro y Zinc en la planta, extracción de Hierro y Zinc en el tubérculo y planta y eficiencia de la absorción de Hierro y Zinc en la planta.

Los principales resultados establecen lo siguiente:

Altura de planta para la fertilización foliar con Zinc: con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_1 (75 ppm) con un promedio de 77.88 cm de altura y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 74.98 cm de altura, con un incremento de 2.9 cm equivalente a 3.8%.

Según Raven *et al.*, 1992 la deficiencia de Zinc provoca un crecimiento y desarrollo reducido de la planta. Estos resultados demuestran que con la fertilización foliar con Zinc las plantas de papa de la variedad INIAP-Natividad obtienen mayor altura a la floración.

Rendimiento por planta para la fertilización foliar con Hierro: con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 525.46 g y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_1 (117.2 ppm) con un promedio de 500.61 g, con la diferencia en el rendimiento de 24.81 g equivalente a 4.7%.

La toxicidad de hierro puede matar las plantas o disminuir drásticamente el rendimiento (Sánchez, *et al.*, 1981) Pero cabe recalcar que con la fertilización foliar se tubo menor rendimiento que sin aplicación, esto se debe a que durante el ensayo se observó que a los tratamientos que se aplicaron la fertilización foliar con Hierro presentaron toxicidad en las plantas.

Porcentaje de materia seca: en la pulpa para la fertilización foliar con Hierro con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 26.94% y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_1 (117.2 ppm) con un promedio de 24.82%, con la diferencia de materia seca en pulpa de 2.12% equivalente a 7.7%.

En la cáscara para la fertilización foliar con Hierro con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 20.10% y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_1 (117.2 ppm) con un promedio de 18.72% con la diferencia de materia seca en cáscara de 1.38 % equivalente a 6.9%.

En el follaje para la fertilización foliar con Hierro con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_1 (117.2 ppm) con un promedio de 11.58% y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 10.48% con un incremento de materia seca en el follaje de 1.10% equivalente a 10.5%.

Esto se atribuye a que el Hierro juega un papel muy importante en la fotosíntesis (Miller *et al.*, 1984), pero durante el ensayo se observó problemas de toxicidad en los tratamientos que se aplicaron la fertilización foliar con Hierro, por lo que se puede decir que este no fue favorecido para el contenido de materia seca en el tubérculo y raíz, ya que al mostrar toxicidad de Hierro en el follaje, se reduce la fotosíntesis afectando el porcentaje de materia seca en estos órganos. Sin embargo el follaje no se vio afectado.

Contenido de Hierro en el follaje para la fertilización foliar: con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_1 (117.2 ppm) con un promedio de 991.23 ppm y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 441.65 ppm con un incremento de 549.58 ppm equivalente a 124.4%.

El principal objetivo de una aplicación foliar es lograr la máxima absorción de nutrientes dentro del tejido vegetal (Venegas, 2008). La baja movilidad del Hierro es debida, probablemente, a su precipitación en las hojas más viejas como óxidos insolubles o la formación de complejos con fitoferritina. La precipitación del Hierro reduce la movilización del metal por el floema para su transporte a grandes distancias (Lincoln y Zeiger, 2006). Esto se observa en esta investigación que al aplicar hierro en forma foliar se queda en una gran parte en el follaje.

Contenido de Zinc: en la pulpa para la fertilización foliar con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_1 (75 ppm) con un promedio de 19.05 ppm y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 10.04 ppm, con un incremento de 9.01 ppm equivalente a 89.7%.

En la cáscara para la fertilización foliar con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_1 (75 ppm) con un promedio de 21.10 mg y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 13.17 ppm, con un incremento de 7.93 ppm equivalente a 60.2%.

En la cáscara para la fertilización edáfica con la mejor respuesta está la dosis de fertilización edáfica e_4 (160 ppm) con un promedio de 20.34 ppm y con la menor respuesta está la fertilización edáfica e_0 (0 ppm) con un promedio de 13.53 ppm, con un incremento de 6.81 ppm equivalente a 50.3%.

En el follaje para la fertilización foliar con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_1 (75 ppm) con un promedio de 265.62 ppm de Zn en la cáscara y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 71.84 ppm de Zn en la cáscara, con un incremento de 193.78 ppm equivalente a 269.7%.

En la raíz para la fertilización edáfica con la mejor respuesta está la dosis de fertilización edáfica e_4 (160 ppm) con un promedio de 230.41 ppm de Zn en la raíz y con la menor respuesta está la fertilización edáfica e_0 (0 ppm) con un promedio de 47.11 ppm de Zn en la raíz, con un incremento de 183.3 ppm equivalente a 389.1%.

Se considera que la mejor forma de extraer el Zinc de la fracción lábil es utilizando soluciones TEA-DTPA (llamada DTPA), EDTA y Melich 3 (Ratto y Miguez, 2008). Esto corrobora con la investigación, que al aplicar fuentes quelatadas de Zinc ayudo a que las plantas tengan un mayor

contenido de este mineral en sus órganos obteniendo respuestas muy positivas en la investigación.

Extracción de Hierro: en la pulpa para la fertilización foliar con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 0.0014 g de Hierro y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_1 (117.2 ppm) con un promedio de 0.0011 g de Hierro, la diferencia en la concentración de Hierro es de 0.00026 g, equivalente a 17.8%.

En la cáscara para la fertilización foliar con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 0.00095 g de Hierro en la cáscara y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_1 (117.2 ppm) con un promedio de 0.00085 g de Hierro en la cáscara, la diferencia en la concentración de Hierro es de 0.00010 g, equivalente a 10.5%.

En el follaje para la fertilización foliar con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_1 (117.2 ppm) con un promedio de 0.022 g de Hierro en el follaje y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 0.011 g de Hierro en el follaje, con un incremento de 0.011 g equivalente a 113.9%.

En la raíz para la fertilización foliar con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 0.010 g de Hierro en la raíz y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_1 (117.2 ppm) con un promedio de 0.008 g de Hierro en la raíz, la diferencia en la concentración de Hierro es de 0.002 g, equivalente a 26.7%.

En la planta completa para la fertilización foliar con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_1 (117.2 ppm) con un promedio de 0.032 g de Hierro en la planta completa y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 0.023 g de Hierro en la planta completa, el incremento en la concentración de Hierro es de 0.0086 g, equivalente a 37.7%.

La fertilización foliar tiene la ventaja de su rápida absorción y traslación, (Cuesta *et al.*, 2005). Esto hace que el Hierro se vuelva tóxico para las plantas. Cuando las concentraciones de Hierro, en solución son altas, se limita el crecimiento de las raíces y éstas se cubren de una capa de óxidos de Fe^{2+} , lo cual reduce la capacidad de las raíces para absorber nutrientes (Dobermann y Fair, 2005). Por lo que se puede notar que con la aplicación de Hierro en forma foliar la extracción del mineral es menor en la pulpa, cáscara y raíces, sabiendo también que el hierro es un metal de muy poca movilidad en las plantas, teniendo mayor extracción en el follaje y por ende en la planta completa.

Extracción de Zinc: en la pulpa para la fertilización foliar con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_1 (75 ppm) con un promedio de 0.0015 g de Zn en la pulpa y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 0.00084 g de Zn en la pulpa, el incremento en la concentración de Zn es de 0.00066 g, equivalente a 78.6%.

En la cáscara para la fertilización foliar con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_1 (75 ppm) con un promedio de 0.00032 g de Zn en la cáscara y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 0.00022 g de Zn en la cáscara, el incremento en la concentración de Zn es de 0.0001 g, equivalente a 45.4%.

En la cáscara para la fertilización edáfica con la mejor respuesta está la dosis de fertilización edáfica e_3 (120 ppm) con un promedio de 0.00029 g de Zn en la cáscara y con la menor respuesta está la fertilización foliar e_0 (0 ppm) con un promedio de 0.00022 g de Zn en la cáscara, el incremento en la concentración de Zn es de 0.00007 g, equivalente a 31.8%.

En el follaje para la fertilización foliar con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_1 (75 ppm) con un promedio de 0.0066 g de Zn en el follaje y en el segundo rango a la menor respuesta está la fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 0.0019 g de Zn en el follaje, el incremento en la concentración de Zn es de 0.0047 g, equivalente a 253.2%.

En el follaje para la fertilización edáfica con la mejor respuesta está la dosis de fertilización edáfica e_4 (160 ppm) con un promedio de 0.005 g de Zn en el follaje y con la menor respuesta está la fertilización foliar e_0 (0 ppm) con un promedio de 0.0035 g de Zn en el follaje, el incremento en la concentración de Zn es de 0.0015 g, equivalente a 41.6%.

En la raíz para la fertilización edáfica con la mejor respuesta está la dosis de fertilización edáfica e_4 (160 ppm) con un promedio de 0.0011 g de Zn en la raíz y con la menor respuesta está la fertilización foliar e_0 (0 ppm) con un promedio de 0.00024 g de Zn en la raíz, el incremento en la concentración de Zn es de 0.00087 g, equivalente a 362.5%.

En la planta completa para la fertilización foliar con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_1 (75 ppm) con un promedio de 0.0091 g de Zn en la planta completa y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 0.0036 g de Zn en la planta completa, el incremento en la concentración de Zn es de 0.0055 g, equivalente a 152.9%.

En la planta completa para la fertilización edáfica con la mejor respuesta está la dosis de fertilización edáfica e_4 (160 ppm) con un promedio de 0.0077 g de Zn en la planta completa y en el último rango a la menor respuesta está la fertilización foliar e_0 (0 ppm) con un promedio

de 0.0053 g de Zn en la planta completa, el incremento en la concentración de Zn es de 0.0024 g, equivalente a 46.1%.

Se considera que la mejor forma de extraer el Zinc de la fracción lábil es utilizando soluciones TEA-DTPA (llamada DTPA), EDTA y Melich 3 (Ratto y Miguez, 2008). Las plantas absorben el Zinc de la solución del suelo bajo la forma Zn^{2+} , y también en forma de quelatos (Oliveira, *et al.*, 2006) el cual se utilizó para esta investigación. Se observa que la utilización de estos quelatos de Zinc tanto foliar como edáficos hace que la planta incremente la extracción de este mineral.

Biomasa: El tubérculo para la fertilización foliar con Hierro con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 134.66 g y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_1 (117.2 ppm) con un promedio de 118.43 g. la diferencia en la concentración de Hierro es de 16.23 g, equivalente a 12.0%.

Del residuo para la fertilización foliar con Hierro con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_0 (0 ppm) con un promedio de 31.60 g y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_1 (117.2 ppm) con un promedio de 26.62 g. la diferencia en la concentración de Hierro es de 5.02 g, equivalente a 15.9 %.

De la planta completa para la fertilización foliar con Hierro con la mejor respuesta está la dosis de fertilización foliar f_1 (0 ppm) con un promedio de 166.26 g y con la menor respuesta está la fertilización foliar f_0 (117.2 ppm) con un promedio de 145.05 g, con un incremento de 21.21 g, equivalente a 14.6 %.

Según Manahan, 2007 la biomasa depende mucho de la fotosíntesis que realicen las plantas. Al tener una toxicidad con el hierro en las hojas jóvenes la fotosíntesis se ve afectada disminuyendo la biomasa de la planta tanto en los residuos como en los tubérculos al final del ciclo del cultivo de papa en la variedad INIAP-Natividad.

Eficiencia de absorción: De Hierro por la planta Se observa que la fertilización foliar que es el tratamiento seis (T6) es la más eficiente, que la fertilización edáfica y la interacción entre las fertilizaciones foliar y edáfica. Existen diferencias marcadas con respecto a fertilización foliar con la interacción entre las fertilizaciones foliares y edáfica disminuyendo de 8.16% a 2.08% con una diferencia de 6.08% equivalente al 74.5% y fertilización foliar con fertilización edáfica disminuyendo de 8.16% a 0.63% con una diferencia de 7.53% equivalente al 92.3%.

De Zinc para la planta se observa que la fertilización foliar que es el tratamiento seis (T6) es más eficiente, que la fertilización edáfica y la interacción entre las fertilizaciones foliar y edáfica. Existen diferencias marcadas con respecto a fertilización foliar con la interacción entre las fertilizaciones foliares y edáfica disminuyendo de 7.23% a 3.44% con una diferencia de 3.79% equivalente al 52.4% y fertilización foliar con fertilización edáfica disminuyendo de 7.23% a 1.03% con una diferencia de 6.2% equivalente al 85.7%.

Ortega, 2000. Menciona que la capacidad de absorción foliar es eficiente, rápido y económico para mejorar la producción y controlar la calidad de muchas especies cultivadas. Esto nos muestra que la mayor y mejor eficiencia de absorción tanto para Hierro como Zinc es la fertilización foliar.

Mediante estos resultados se recomienda:

Realizar fertilizaciones foliares y edáfica con Zn para incrementar el contenido y extracción del mismo en el tubérculo y planta de la papa.

Realizar fertilizaciones foliares ya que tienen mayor eficiencia de absorción en la planta que las fertilizaciones edáficas.

Realizar ensayos de fertilización foliar y edáfica Hierro y Zn en campo con otras variedades, en varias localidades.

8. SUMMARY

Ecuador faces serious problems related to nutrition and food, which are more severe in children less than 5 years (Herrera et al., 1999). Zinc deficiency is associated with delayed physical, psychomotor and increased morbidity and infectious diseases during childhood. These manifestations are more pronounced if the deficit is associated with iron deficiency (Piñeiro, 2010).

In recent years, using conventional farming techniques and genetic engineering methods, have made crops with enhanced nutritional quality. Studies have shown the potential to exploit the genetic variations observed in the seed compared micronutrient concentrations as iron and zinc, without affecting the crop yield, as is the case biofortification (Glenn *et al.*, 2000). Which is the process obtained plant foods that are rich in bioavailable micronutrients. In this way science can provide farmers with crop varieties that can help reduce micronutrient deficiency in populations at risk (Welch y Graham. 1999).

With the above background, the Department of Soil and Water INIAP, this research aims to assess variations in the mineral content of iron and zinc in the tubers, attributable to foliar and soil fertilization on INIAP - Natividad under greenhouse conditions.

This trial was conducted under greenhouse conditions in the province of Pichincha, on Santa Catalina Experimental Station (INIAP). We used a split-plot design with eight replications with 10 treatments from the interaction between two levels of foliar fertilization and five levels of soil fertilization with iron and zinc.

The variables evaluated were: plant height, number of tubers per plant, yield per plant, biomass yield, iron and zinc content in the plant, iron and zinc mining in the tuber and plant and efficiency of iron absorption and Zinc on the ground.

The main results establish the following:

Plant height for Zinc foliar fertilization: the best answer is the foliar fertilization f_1 (75 ppm) with an average of 77.88 cm and the lower foliar fertilization response is f_0 (0 ppm) with an average of 74.98 cm, an increase of 2.9 cm to 3.8% equivalent.

According to Raven et al. 1992 Zinc deficiency causes reduced growth and development of the plant. These results demonstrate that zinc foliar fertilization of potato plants of the variety INIAP - Natividad gain more height at flowering.

Yield per plant to foliar fertilization with iron: the best answer is the foliar fertilization f_0 (0 ppm) with an average of 525.46 g and with the least foliar fertilization response is f_1 (117.2 ppm) with an average of 500.61 g, the difference in yield 24.81 g equivalent to 4.7%. Iron toxicity can kill plants or decrease performance dramatically (Sánchez, et al., 1981) But it should be emphasized that foliar fertilization tube underperform without application, this is because during the test it was observed that treatments were applied foliar iron fertilization of toxicity in plants.

Percentage of dry matter in the pulp for foliar fertilization with iron with the best answer is the foliar fertilization f_0 (0 ppm) with an average of 26.94% and the least foliar fertilization response is f_1 (117.2 ppm) an average of 24.82%, with the difference in pulp dry matter 2.12%, equivalent to 7.7%.

In the shell to foliar fertilization with iron with the best answer is the foliar fertilization f_0 (0 ppm) with an average of 20.10% and the least foliar fertilization response is f_1 (117.2 ppm) with an average of 18.72% the difference in dry matter 1.38% shell equivalent to 6.9%.

In the foliage foliar fertilization with iron with the best answer is the foliar fertilization f_1 (117.2 ppm) with an average of 11.58% and the least foliar fertilization response is f_0 (0 ppm) with an average of 10.48% with an increase of dry matter in the foliage of 1.10%, equivalent to 10.5%.

This is attributed to the Iron plays an important role in photosynthesis (Miller et al., 1984), but during the test was observed toxicity problems treatments were applied foliar fertilization with iron, so that you can say that this was not favored for the dry matter content in the tuber and root as the Iron show toxicity in the foliage, affecting photosynthesis reduces the solids content in these organs. However, the foliage was not affected.

Iron content in the foliage for foliar fertilization: the best answer is the foliar fertilization f_1 (117.2 ppm) with an average of 991.23 ppm and lower foliar fertilization response is f_0 (0 ppm) with an average of 441.65 ppm to 549.58 ppm increased equivalent to 124.4%. The main objective of a foliar application is to achieve maximum absorption of nutrients within the plant tissue (Venegas, 2008). Iron low mobility is probably due to their precipitation in the older leaves as insoluble oxides or complex formation with fitoferritina. Precipitation of Iron metal mobilization reduces the phloem for transport over long distances (Lincoln and Zeiger, 2006). This is observed in this research that applying foliar iron remains in a large part on the foliage.

Zinc Content: in the pulp for foliar feeding with the best answer is the foliar fertilization f_1 (75 ppm) with an average of 19.05 ppm and lower foliar fertilization response is f_0 (0 ppm) with an average of 10.04 ppm, an increase of 9.01 ppm equivalent to 89.7%.

In the shell to foliar fertilization with the best answer is the foliar fertilization f_1 (75 ppm) with an average of 21.10 mg and lower foliar fertilization response is f_0 (0 ppm) with an average of 13.17 ppm, with 7.93 ppm increased equivalent to 60.2%.

In the shell for soil fertilization with the best response is dose e_4 soil fertilization (160 ppm) with an average of 20.34 ppm and the lower response is the soil fertilization e_0 (0 ppm) with an average of 13.53 ppm, 6.81 ppm increased equivalent to 50.3%.

In the foliage foliar feeding with the best answer is the foliar fertilization f_1 (75 ppm) with an average of 265.62 ppm Zn in the shell and the lower foliar fertilization response is f_0 (0 ppm) with an average 71.84 ppm of Zn in the shell, with increased equivalent to 193.78 ppm 269.7%.

At the root for soil fertilization with the best response is dose soil fertilization e_4 (32 ppm) with an average Zn 230.41 ppm root and the lower response is the soil fertilization e_0 (0 ppm) with an average 47.11 ppm of Zn in the root, with an increase equivalent to 183.3 ppm 389.1%.

It is considered that the best way to remove the labile fraction Zinc is using TEA- DTPA solutions (called DTPA), EDTA and Melich 3 (Ratto and Miguez, 2008). This corroborates with the investigation, that applying chelated zinc sources helped that plants have a higher content of this mineral in their bodies getting responses in research.

Extraction of Iron: the pulp for foliar fertilization with the best answer is the foliar fertilization f_0 (0 ppm) with an average of 0.0014 g of iron and lower foliar fertilization response is f_1 (117.2 ppm) with a average of 0.0011 g of iron, the difference in iron concentration is 0.00026 g, equivalent to 17.8%.

In the shell to foliar fertilization with the best answer is the foliar fertilization f_0 (0 ppm) with an average of 0.00095 g of iron in the shell and the lower foliar fertilization response is f_1 (117.2 ppm) with an average Iron 0.00085 g of the shell, the difference in iron concentration is 0.00010 g, equivalent to 10.5%.

In the foliage foliar feeding with the best answer is the foliar fertilization f_1 (117.2 ppm) with an average of 0.022 g of iron in the lower foliage and foliar fertilization response is f_0 (0 ppm) with an average 0.011 g of iron in the foliage, an increase of 0.011 g equivalent to 113.9%.

At the root for foliar feeding with the best answer is the foliar fertilization f_0 (0 ppm) with an average of 0.010 g of iron at the root and lower foliar fertilization response is f_1 (117.2 ppm) with an average 0.008 g of iron in the root, the difference in iron concentration is 0.002 g, equivalent to 26.7%.

In the whole plant to foliar fertilization with the best answer is the foliar fertilization f_1 (117.2 ppm) with an average of 0.032 g of Iron in complete plant with the lowest foliar fertilization response is f_0 (0 ppm) with averaging 0.023 g of iron in the whole plant, the increase in the iron concentration is 0.0086 g, equivalent to 37.7%.

Foliar fertilization has the advantage of rapid absorption and traslación, (Cuesta *et al.*, 2005). This makes the iron becomes toxic to plants. When the concentrations of iron in solution are high, limiting the growth of roots and these are covered with a layer of oxides of Fe^{2+} , which reduces the ability of the roots to absorb nutrients (Dobermann and Fair, 2005). As can be noted that the application of foliar Iron ore extraction is lower in the pulp, peel and roots, knowing also that iron is a metal of very low mobility in plants having increased extraction in the foliage and therefore in the whole plant.

Extraction of Zinc in the pulp for foliar feeding with the best answer is the foliar fertilization f_1 (75 ppm) with an average of 0.0015 g of Zn in the pulp and with less foliar fertilization response is f_0 (0 ppm) with an average of 0.00084 g of Zn in the pulp, the increase in the Zn concentration is 0.00066 g, equivalent to 78.6%.

In the shell to foliar fertilization with the best answer is the foliar fertilization f_1 (75 ppm) with an average of 0.00032 g of Zn in the shell and the lower foliar fertilization response is f_0 (0 ppm) with an average 0.00022 g of Zn in the shell, the increase in the Zn concentration is 0.0001 g, equivalent to 45.4%.

In the shell for soil fertilization with the best answer is the soil fertilization e_3 (120 ppm) with an average of 0.00029 g of Zn in the shell and the lower foliar fertilization response is e_0 (0 ppm) with an average 0.00022 g of Zn in the shell, the increase in the Zn concentration is 0.00007 g, equivalent to 31.8%.

In the foliage foliar feeding with the best answer is the foliar fertilization f_1 (75 ppm) with an average of 0.0066 g of Zn in the foliage and in the second range to lower foliar fertilization response is f_0 (0 ppm) with an average of 0.0019 g of Zn in the foliage, increase in the Zn concentration of 0.0047 g, equivalent to 253.2%.

In the foliage to soil fertilization with the best answer is the soil fertilization e_4 (160 ppm) with an average of 0.005 g of Zn in the foliage and the lower foliar fertilization response is e_0 (0 ppm) with an average 0.0035 g of Zn in the foliage, increase in Zn concentration is 0.0015 g, equivalent to 41.6%.

At the root for soil fertilization with the best response is dose soil fertilization e_4 (160 ppm) with an average of 0.0011 g of Zn at the root and the lower response is foliar fertilization e_0 (0 ppm) with an average 0.00024 g of Zn at the root of the increase in the Zn concentration is 0.00087 g, equivalent to 362.5%.

In the whole plant to foliar fertilization with the best answer is the foliar fertilization f_1 (75 ppm) with an average of 0.0091 g of Zn in the whole plant and the lower foliar fertilization response is f_0 (0 ppm) with an average of 0.0036 g of Zn in the entire plant, the increase in the concentration of 0.0055 g Zn is equal to 152.9%.

The complete plant for soil fertilization with the best answer is the soil fertilization e_4 (160 ppm) with an average of 0.0077 g of Zn in the whole plant and the last rank lower response to foliar fertilization is e_0 (0 ppm) with an average of 0.0053 g of Zn in the entire plant, the increase in the Zn concentration of 0.0024 g, equivalent to 46.1%.

It is considered that the best way to remove the labile fraction Zinc is using TEA- DTPA solutions (called DTPA), EDTA and Melich 3 (Ratto and Miguez, 2008). Zinc Plants absorb soil solution in the form Zn^{2+} , as well as chelates (Oliveira, et al., 2006) which was used for this research. Observed that the use of these chelates in both foliar and soil Zinc makes the plant increases the extraction of the mineral.

Biomass: The tuber for foliar fertilization with iron with the best answer is the foliar fertilization f_0 (0 ppm) with an average of 134.66 g and with the least foliar fertilization response is f_1 (117.2 ppm) with an average of 118.43 g. The difference in iron concentration is 16.23 g, equivalent to 12.0%.

The residue for foliar fertilization with iron with the best answer is the foliar fertilization f_0 (0 ppm) with an average of 31.60 g with the lowest foliar fertilization response is f_1 (117.2 ppm) with an average of 26.62 g. The difference in iron concentration is 5.02 g, equivalent to 15.9%.

Complete plant foliar fertilization with iron with the best answer is the foliar fertilization f_1 (0 ppm) with an average of 166.26 g and with the least foliar fertilization response is f_0 (117.2 ppm) with an average of 145.05 g, an increase of 21.21 g, equivalent to 14.6%.

According to Manahan, 2007 Biomass highly dependent on the plants that perform photosynthesis. By having an iron toxicity in young leaves photosynthesis is affected by decreasing plant biomass and waste both in tubers at the end of the cycle of the potato crop in the variety INIAP - Natividad.

Absorption efficiency: Iron by the plant is observed that foliar fertilization treatment is six (T6) is the most efficient, soil fertilization and the interaction between foliar and soil fertilization. There are marked differences with respect to foliar fertilization interaction between foliar and soil fertilization decline of 8.16% to 2.08% with a difference of 6.08%, equivalent to 74.5% and soil fertilization foliar fertilization decreasing 8.16% to 0.63% with a difference 7.53% equivalent to 92.3%.

Zinc to the plant is observed that the foliar treatment is six (T6) is more efficient than the soil fertilization and the interaction between soil and foliar fertilization. There are marked differences with respect to foliar fertilization interaction between foliar and soil fertilization decline of 7.23% to 3.44% with a difference of 3.79%, equivalent to 52.4% and soil fertilization foliar fertilization decreasing 7.23% to 1.03% with a difference 6.2% equivalent to 85.7%.

Ortega, 2000. He mentions that the foliar absorption is efficient, fast and economical way to improve production and quality control of many crop species. This shows that more and better absorption efficiency for both Iron and Zinc foliar fertilization is.

Using these results we recommend:

Make foliar and soil fertilization with Zn to increase the content and removing the same in the tuber and plant potatoes.

Perform as foliar fertilization have higher absorption efficiency on the ground that the soil fertilization.

Foliar fertilization trials and Iron and Zn in soil field with other varieties, in various locations.