

## Niveles de NPK para la producción de minitubérculos de papa en invernadero en el Valle de Toluca\*

### NPK levels for the production of potato minitubers in greenhouse in the Toluca Valley

Román Flores-López<sup>1§</sup>, Erasto Sotelo-Ruiz<sup>1</sup>, Oswaldo Rubio-Cobarrubias<sup>1</sup>, Amanda Álvarez-Gonzalez<sup>1</sup> y Maricela Marín-Casimiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. km. 4.5 Carretera Toluca-Zitácuaro, Vialidad Adolfo López Mateos, Colonia San José Barbabosa; Zinacantepec, Estado de México. C. P. 51350. Tel: (722)278-43-31. (soteloe@colpos.com.mx; oswaldorubi@terra.com; hanabi\_antalla@yahoo.mx; irammarin1989@gmail.com). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: floresmx@yahoo.com.mx.

#### Resumen

La nutrición de la papa (*Solanum tuberosum*) en invernadero en México se hace mediante aplicación de fórmulas sólidas de NPK, aplicaciones foliares y el uso de soluciones nutritivas hidropónicas no específicas; por lo tanto, los rendimientos son bajos, muy variados e inconsistentes. Los objetivos de esta investigación fueron: 1) determinar las concentraciones de NPK adecuadas para la producción del clon 020342.1 de papa bajo condiciones de hidroponía; y 2) evaluar los rendimientos de minitubérculos bajo condiciones de invernadero. El experimento se realizó en los invernaderos del Campo experimental Toluca en Zinacantepec, Estado de México en el año 2012. El sustrato utilizado fue perlita; se empleó el diseño San Cristóbal, con cuatro niveles de NPK respectivamente y doce tratamientos; las variables evaluadas fueron clorofila, índice de área foliar (IAF), peso fresco, número y diámetro de minitubérculos. Los tratamientos con mayor contenido de clorofila durante el ciclo del cultivo fueron: T12 y T10 con 144 y 158  $\mu\text{g g}^{-1}$  respectivamente; la altura, peso fresco y número de tubérculos presentan diferencias significativas, donde los mejores tratamientos fueron el T10, T12, T8 y T6. Para el peso fresco de tubérculo, destacaron el T6 y T10, con 230 y 232 g respectivamente. Para el número de tubérculos totales, sobresalen el T8 con

#### Abstract

The nutrition potato (*Solanum tuberosum*) in greenhouses in Mexico is done by applying solid formulations of NPK, foliar applications and the use of non-specific hydroponic nutrient solutions; therefore, yields are low, varied and inconsistent. The objectives of this research were to: 1) determine the concentrations of NPK suitable for the production of potato clone 020342.1 under hydroponics conditions; and 2) assess the yields of minitubers under greenhouse conditions. The experiment was conducted in the experimental greenhouses in Campo Toluca Zinacantepec, State of Mexico in 2012. The substrate used was perlite; San Cristobal design was used, with four levels of NPK respectively and twelve treatments; the variables were chlorophyll, leaf area index (IAF), fresh weight, number and diameter of minitubers. Treatments with higher chlorophyll content during the crop cycle were: T12 and T10 with 144 and 158  $\mu\text{g g}^{-1}$  respectively; height, fresh weight and number of tubers significant differences, where the best treatments were the T10, T12, T8 and T6. For the fresh weight of tuber, they highlighted the T6 and T10, with 230 and 232 g respectively. For the total number of tubers, protrude T8 with 18.6 tubers per plant, T12 with 18.2, T10 to 18.1 and T6 to 16.8. In

\* Recibido: abril de 2016  
Aceptado: junio de 2016

18.6 tubérculos por planta, T12 con 18.2, T10 con 18.1 y T6 con 16.8. En conclusión, las concentraciones mayores de 150N y 300K aumentaron la tuberización y rendimiento de minitubérculo del clon 020342.1 de papa en hidroponía.

**Palabras clave:** *Solanum tuberosum*, hidroponía, nutrición.

## Introducción

La papa requiere grandes cantidades de nutrientes, debido a su necesidad de llenado de tubérculo. Cuando la meta es mejorar el rendimiento y la calidad de la papa, debe darse importancia a la cantidad, al tipo de nutriente y a la programación de su aplicación (Coraspe *et al.*, 2009).

La producción de semilla de papa en invernadero en México dentro del sistema formal de producción de semilla, NOM-041-FITO-2002 SENASICA (2014), se hace mediante el empleo de sustratos orgánicos (fibra de coco, cascarilla de arroz y turba) e inorgánicos (tezontle, perlita, arena y gravas) y sus mezclas. La fertilización en algunos casos es una base sólida mezclada con el sustrato y fertirrigación con el uso de formulaciones completas de NPK y Ca, la cual se complementa con aplicaciones foliares de nutrientes según la etapa de desarrollo del cultivo; en algunos casos, se emplean soluciones nutritivas hidropónicas generales como la de Steiner (1961). Uno de los grandes problemas de la producción de tubérculo semilla en invernadero es la poca estabilidad de los resultados, lo que aunado a las altas densidades empleadas, de 45 a 100 plantas m<sup>2</sup>, reduce el rendimiento por planta, por lo que es importante determinar los niveles de fertilización de NPK en variedades nacionales bajo las condiciones locales (Flores *et al.*, 2009).

El rendimiento es influenciado por el genotipo, condiciones ambientales, radiación interceptada, estado fisiológico de los tubérculos empleados o de las plantas *in vitro*, la densidad de plantación y la nutrición que es uno de los factores más importantes para obtener altos rendimiento y mejorar la calidad física y sanitaria de los tubérculos, por lo que los nutrientes deben aplicarse en el tiempo demandado por la planta y en las concentraciones adecuadas para el cultivo. De los elementos esenciales para las plantas, el nitrógeno (N) es componente estructural de ácidos nucleídos, aminoácidos y proteínas; el potasio (K) es necesario para la activación

conclusión, the highest concentrations of 150N and 300K and increased tuber yield minituber clone 020342.1 potato hydroponics.

**Keywords:** *Solanum tuberosum*, hydroponics, nutrition.

## Introduction

The potato requires large amounts of nutrients, due to their need to fill tuber. When the goal is to improve the yield and quality of potato, the amount should be given importance, the type of nutrient and its application programming (Coraspe *et al.*, 2009).

The production of seed potatoes in greenhouses in Mexico within the formal system of seed production, NOM-041-FITO-2002 SENASICA (2014), is made by using organic substrates (coconut fiber, rice hulls and peat) and inorganic (tezontle, perlite, sand and gravel) and mixtures thereof. Fertilization in some cases is a solid foundation mixed with the substrate and fertigation using complete formulations of NPK and Ca, which is complemented by foliar applications of nutrients according to the stage of crop development; in some cases, are used general hydroponic nutrient solutions as Steiner (1961). One of the great problems of seed production tuber greenhouse is the poor stability of the results, which coupled with high densities used, 45 to 100 plants m<sup>2</sup>, reduces the yield per plant, so it is important to determine the NPK fertilizer levels in national varieties under local conditions (Flores *et al.*, 2009).

The performance is influenced by genotype, environmental conditions, intercepted radiation, physiological state of tubers employees or *in vitro* plants, planting density and nutrition is one of the most important factors for high performance and improve quality physical and health of tubers, so that nutrients should be applied in the time demanded by the plant and suitable for growing concentrations. Of the essential elements for plants, nitrogen (N) is a structural component of nucleic acids, amino acids and proteins; potassium (K) is required for activation of certain enzymes, carbohydrate translocation and regulation of osmosis; while phosphorus (P) is involved in energy processes in nucleic acids, phosphorus sugars, alcohols and lipids.

de algunas enzimas, la translocación de carbohidratos y la regulación de la osmosis; mientras, el Fósforo (P) está involucrado en procesos energéticos, en ácidos nucleídos, azúcares fosforados, alcoholes y lípidos.

El proceso de tuberización está influenciado por el balance nutrimental (Struik y Wiersema, 1999), fotoperiodo (Martínez *et al.*, 2001), radiación total, radiación interceptada por la planta, CO<sub>2</sub>, temperatura, genotipo y nutrición (Struik and Wiersema, 1999).

La nutrición es determinante en el desarrollo y rendimiento de la papa; el nitrógeno y el potasio son los elementos encontrados en papa en grandes cantidades; altas concentraciones del nitrógeno alargan el ciclo de cultivo y retrasan el inicio de la tuberización; además, disminuyen el rendimiento de tubérculos y su calidad; mientras, concentraciones bajas actúan al contrario (Giletto *et al.*, 2003). El manejo de la fertilización nitrogenada es importante para regular el crecimiento y desarrollo del cultivo de papa, así como para minimizar los riesgos de contaminación por nitritos (Zebarth y Rosen, 2007). El contenido de N, de los 60 a los 100 días de desarrollo de la papa, en el tubérculo en relación al nitrógeno total de la planta varía de 81 a 89% en las variedades Hilite Russet and Russet Burbank (Alva *et al.*, 2002).

En aplicaciones de campo, 200 kg ha<sup>-1</sup> de este elemento incrementa la cantidad de follaje activo y se mantiene constante después de los 70 días de desarrollo del cultivo (Da Silva, 2000). Giorgetta *et al.* (1993) mencionan que el fósforo es importante en el establecimiento de la planta y la generación de estolones; probaron en invernadero una concentración de 72 mg L<sup>-1</sup> de P, aplicado como superfosfato triple, donde lograron obtener 385 minitubérculos por m<sup>2</sup>, de los cuales, 53% pesó entre 5 y 40 g. Además, Chapman *et al.* (1992); Rozo y Núñez (2011) evaluaron tres niveles de fósforo (50, 100 y 150 kg ha<sup>-1</sup>) como P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> con resultados en rendimiento iguales entre sí y superiores al testigo con nivel de cero kg ha<sup>-1</sup>.

Con respecto al potasio, Rozo y Núñez (2011) mencionan que la deficiencia de potasio puede resultar en la disminución de rendimiento y tamaño de los tubérculos. Mc Dole *et al.* (1978) afirman que algunos factores de calidad como materia seca, gravedad específica, contenido de azúcar, color de la pulpa y el fenómeno de corazón hueco son afectados por la fertilización con potasio.

The process tuberisation is influenced by the nutritional balance (Struik and Wiersema, 1999), photoperiod (Martínez *et al.*, 2001), total radiation, radiation intercepted by the plant, CO<sub>2</sub>, temperature, genotype and nutrition (Struik and Wiersema, 1999).

The nutrition is critical in the development and performance of the potato; nitrogen and potassium are the elements found in potatoes in large quantities; high concentrations of nitrogen lengthen the growing season and delay the onset of tuber; also they reduce tuber yield and quality; while low concentrations act contrary (Giletto *et al.*, 2003). Management of nitrogen fertilization is important for regulating the growth and development of potato cultivation as well as to minimize the risks of contamination by nitrites (Zebarth and Rosen, 2007). The N content of 60 to 100 days of development of the potato, the tuber in relation to total plant nitrogen varies from 81 to 89% in the varieties Hilite Russet and Russet Burbank (Alva *et al.*, 2002).

In field applications, 200 kg ha<sup>-1</sup> of this element increases the amount of foliage and remains active after 70 days of crop development (Da Silva, 2000) constant. Giorgetta *et al.* (1993) mention that the phosphorus is important in the establishment of the plant and generating stolons; glasshouse tested concentration of 72 mg L<sup>-1</sup> of P, applied as triple superphosphate, where they managed to obtain 385 minitubers per m<sup>2</sup>, of which 53% weighed between 5 and 40 g. In addition, Chapman *et al.* (1992); Rozo and Núñez (2011) evaluated three levels of phosphorus (50, 100 and 150 kg ha<sup>-1</sup>) as P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> results in equal performance with each other and higher than the control level of zero kg ha<sup>-1</sup>.

With respect to potassium Rozo and Núñez (2011) mention that potassium deficiency can result in decreased performance and size of tubers. Mc Dole *et al.* (1978) state that some quality factors such as dry matter, specific gravity, sugar content, flesh color and the phenomenon of hollow heart are affected by potassium fertilization.

Coraspe *et al.* (2009) conclude that the sequence of maximum accumulation of macronutrients in leaf and root vegetables in hydroponics in the variety Atlantic was K>N>S>Ca>P>Mg. However, no difference in nitrogen requirement depending on genotype; in this regard, Love *et al.* (2005) evaluated the requirements of N in three genotypes: Bannock Russet, Gem Russet and Russet Summit, where they found they had different nitrogen requirement compared to Russet Burbank.

Coraspe *et al.* (2009) concluyen que la secuencia de acumulación máxima de los macronutrientes en hoja y tubérculos en cultivo hidropónico en la variedad Atlantic fue  $K > N > S > Ca > P > Mg$ . Sin embargo, hay diferencia en requerimiento de nitrógeno dependiendo del genotipo; a este respecto, Love *et al.* (2005) evaluaron los requerimientos de N en tres genotipos: Bannock Russet, Gem Russet y Summit Russet, donde encontraron que presentaron diferente requerimiento de nitrógeno en comparación con Russet Burbank.

Diferentes estudios sobre el cultivo hidropónico de papa en invernadero se han realizado, donde se le proporcionan a la planta todos los requerimientos nutricionales que necesita. Boersig *et al.* (1988) compararon los sistemas NFT y ARM para la producción de minitubérculos. Simko (1991) diferenció el proceso de tuberización *in vitro* y en hidroponía. Mientras, Chil *et al.* (2001) evaluaron el efecto de la temperatura de la solución nutritiva para la producción de minitubérculos, y encontraron que el número de ellos fue mayor a 15 °C que a temperaturas mayores que 20, 25 y 30 °C; además, la concentración foliar de nutrientes como N, K, Ca y Mg se incrementa a altas temperaturas; mientras tanto, el fósforo no se afecta. Novella *et al.* (2008) encontraron que soluciones de 1 ds m<sup>-1</sup> pueden ser usadas para la producción de tubérculo-semilla en invernadero, y que el incremento de la conductividad eléctrica hasta 5.8 ds·m<sup>-1</sup> no afecta el número de minitubérculos en sistemas hidropónicos cerrados; así mismo, mencionan que plantas originadas de tubérculos producen mayor peso fresco, materia seca y mayor IAF que aquellas originadas a partir de plantas *in vitro*. Por otro lado, Simko (1991) evaluó mezclas de sustratos y dos soluciones nutritivas para el cultivo hidropónico de papa. Mientras, Muro *et al.* (1997) estudiaron la influencia de la solución nutritiva, sustratos (turba y arena) y Flores *et al.* (2009) la densidad de siembra sobre el rendimiento de semilla de papa, y mencionan que a mayor densidad decrece el número de tubérculos por planta. Así mismo, Mc Collon (1978) menciona que un desbalance nutricional con alta concentración de fósforo y bajas de Zinc en la solución nutritiva produce alto rendimiento de tubérculo.

Por lo tanto, los objetivos de esta investigación fueron: 1) determinar las concentraciones de NPK adecuadas para la producción del clon 020342.1 de papa bajo condiciones de hidroponía; y 2) evaluar los rendimientos de minitubérculos bajo condiciones de invernadero.

Different studies on potato hydroponics in greenhouses have been made, where the plant will provide all the nutritional requirements you need. Boersig *et al.* (1988) compared the NFT and ARM systems for the production of mini-tubers. Simko (1991) differentiated the process of *in vitro* and in hydroponics tuberisation. Meanwhile, Chil *et al.* (2001) evaluated the effect of the temperature of the nutrient solution for the production of minitubers, and found that their number was increased to 15 °C than at temperatures higher than 20, 25 and 30 °C; Additional foliar concentration of nutrients such as N, K, Ca and Mg is increased at high temperatures; meanwhile, phosphorus is not affected.

Novella *et al.* (2008) found that solutions 1 ds m<sup>-1</sup> can be used for the production of seed tubers in a greenhouse, and that the increase in the electrical conductivity to 5.8 ds m<sup>-1</sup> does not affect the number of minitubers indoor hydroponic systems; also they mention that originated from tubers plants produce fresh weight, dry matter and higher than those arising IAF from plants *in vitro*. On the other hand, Simko (1991) evaluated mixtures of substrates and two nutrient solutions for hydroponic cultivation of potatoes. Meanwhile, Muro *et al.* (1997) studied the influence of the nutrient solution substrates (peat and sand) and Flores *et al.* (2009) planting density on yield of seed potatoes, and mentioned that the higher the density decreases the number of tubers per plant. Also, Mc Collon (1978) mentions that a nutritional imbalance with high concentrations of phosphorus and low zinc in the nutrient solution produces high tuber yield.

Therefore, the objectives of this research were to: 1) determine the concentrations of NPK suitable for the production of potato clone 020342.1 under hydroponics conditions; and 2) assess the yields of minitubers under greenhouse conditions.

## Materials and methods

Two experiments were established of september to december 2012 in a greenhouse in Zinacantepec, Mexico. The location is 19° 17' 21" north latitude and 99° 42' 49" west longitude and a height of 2 640 msnm (García, 2004; INEGI, 2008). The average temperature of experiment 1 was 15.5 °C and Experiment 2 of 14.3 °C with highs of 36 and lows of -0.9 and -1.5 °C respectively.

## Materiales y métodos

Se establecieron dos experimentos de septiembre a diciembre de 2012 en invernadero en Zinacantepec, México. La ubicación es 19° 17' 21" de latitud norte y 99° 42' 49" de longitud oeste y una altura de 2 640 msnm (García, 2004; INEGI, 2008). La temperatura media del experimento 1 fue de 15.5 °C y del experimento 2 de 14.3 °C con máximas de 36 y mínimas de -0.9 y -1.5 °C respectivamente.

Se emplearon macetas de 1.8 L de volumen, con vermiculita grado hortícola de 1 a 4 mm de diámetro. Se utilizó el clon 020342.1 con calidad para la industria y tolerancia al manchado interno del tubérculo ocasionado por el síndrome de punta morada de la papa; los minitubérculos seleccionados fueron de 12 a 15 mm de diámetro con un solo brote y libres de virus.

El riego se hizo con el uso de goteros de 8 L h<sup>-1</sup> con distribuidor de cuatro salidas. Se programaron, con un programador Hunter modelo PRO-C, cuatro riegos las primeras dos semanas, seguido de cinco las siguientes cuatro semanas y siete las últimas seis semanas, dependiendo de la etapa de desarrollo del cultivo; el gasto fue de 33 ml por maceta en cada riego para un gasto máximo de 231 ml por maceta.

El diseño experimental utilizado fue de bloques completamente al azar con tres repeticiones para NPK y cuatro niveles para cada factor, lo que da un total de doce tratamientos (Martínez, 1996). Las concentraciones en mg L<sup>-1</sup> fueron de 100, 150, 200 y 250 de nitrógeno; 30, 80, 130 y 180 para fósforo; y de 250, 300, 350 y 400 de potasio. Los 12 tratamientos resultantes presentan las siguientes combinaciones de NPK: T1 (100-30-250); T2 (200-30-250); T3 (100-130-250); T4 (200-130-250); T5 (100-30-350); T6 (200-30-350); T7 (100-130-350); T8 (200-130-350); T9 (150-80-300); T10 (250-80-300); T11 (150-180-300) y T12 (150-80-400). Para ello se hicieron las 12 soluciones nutritivas complementadas con Mg 45 mg L<sup>-1</sup>, 200 mg L<sup>-1</sup> Ca, 3 Fe-EDTA, 0.5 Zn, 0.5 Cu, 0.5 B. El pH se ajustó a 6.0 y la conductividad varió de 2 a 2.6 ds m<sup>-1</sup>. Los resultados del experimento se analizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 2002).

Además, se evaluó la concentración de clorofila, la cual se midió por el método de Lichtenthaler y Wellburn (1983); posteriormente, se tomaron lecturas de Spad y se sustituyó el valor en la ecuación de regresión. Otras variables fueron:

The 1.8 L pots were used volume, horticultural grade vermiculite from 1 to 4 mm in diameter. The 020342.1 clone industry was used with quality and tolerance to internal staining caused by tuber syndrome purple potato tip; minitubers selected were from 12 to 15 mm in diameter with a single outbreak and virus-free.

Irrigation was done with the use of droppers 8 L h<sup>-1</sup> with four outputs distributor. They programmed with a programmer Hunter PRO-C model, four irrigations the first two weeks, followed by five the next four weeks, and seven the last six weeks, depending on the stage of crop development; spending was 33 ml per pot in each irrigation for a maximum flow of 231 ml per pot.

The experimental design was randomized complete block with three replicates for NPK and four levels for each factor, which gives a total of twelve treatments (Martínez, 1996). Concentrations in mg L<sup>-1</sup> were 100, 150, 200 and 250 of nitrogen; 30, 80, 130 and 180 for phosphorus; and 250, 300, 350 and 400 of potassium. The resulting 12 treatments have the following combinations of NPK: T1 (100-30-250); T2 (200-30-250); T3 (100-130-250); T4 (200-130-250); T5 (100-30-350); T6 (200-30-350); T7 (100-130-350); T8 (200-130-350); T9 (150-80-300); T10 (250-80-300); T11 (150-180-300) and T12 (150-80-400). For this purpose 12 supplemented nutrient solutions Mg 45 mg L<sup>-1</sup>, 200 mg L<sup>-1</sup> Ca, 3 Fe-EDTA, 0.5 Zn, 0.5 Cu, 0.5 B. The pH was adjusted to 6.0 and conductivity of various 2 were 2.6 ds m<sup>-1</sup>. The results of the experiment were analyzed using the statistical package SAS version 9.0 (SAS, 2002).

Furthermore, the concentration of chlorophyll was evaluated, which was measured by the method of Lichtenthaler and Wellburn (1983); then Spad readings were taken and the value was substituted in the regression equation. Other variables were: IAF, which took an 80 Accupar ceptometro, plant height, number, fresh weight and diameter of tubers. For all variables was made corresponding analysis of variance and comparison of means (SAS, 2002).

## Results and discussion

### Chlorophyll content

The chlorophyll content during the crop cycle (Table 1) is presented for six dates in days after emergence (DAE); chlorophyll in µg ml<sup>-1</sup> fresh weight presents the lowest



IAF, el cual se tomó con un ceptometro Accupar 80, altura de planta, número, peso fresco y diámetro de tubérculos. Para todas las variables se hizo el análisis de varianza correspondiente y la comparación de medias (SAS, 2002).

## Resultados y discusión

### Contenido de clorofila

El contenido de clorofila durante el ciclo del cultivo (Cuadro 1) se presenta para seis fechas en días después de la emergencia (DDE); la clorofila en  $\mu\text{g ml}^{-1}$  de peso fresco presenta las lecturas más bajas en los tratamientos con cantidades menores que  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de N, mientras que las plantas con lecturas mayores correspondieron a aquellas con los tratamientos de K superiores a  $350 \text{ mg L}^{-1}$  y concentraciones de N mayores que  $150 \text{ mg L}^{-1}$ .

readings in treatments with amounts less than  $100 \text{ mg L}^{-1}$  of N, while plants with higher readings correspond to those with the treatments of K greater than  $350 \text{ mg L}^{-1}$  and concentrations of N greater than  $150 \text{ mg L}^{-1}$ .

The ANOVA results showed that at least one treatment was different. At 48 DDE, treatments with lower chlorophyll concentrations were T4, T7, T3 and T5 low N in the solution, except T4. Treatment with higher content of chlorophyll was the T6. If you observe the six sampling dates, T2, T6, T8 and T12 treatments showed generally high values in all sampling dates. In the comparison test of Tukey, treatments T12, T10, T9, T8 and T6 showed higher values; and lower chlorophyll content were T1, T3 and T7.

The best results for chlorophyll were those with high concentrations of K and N. This is consistent with the findings of Zebarth and Rosen (2007) which mention that high concentrations of nitrogen favors the vegetative

**Cuadro 1. Contenido de clorofila ( $\mu\text{g ml}^{-1}$ ) durante el ciclo en el clon 020342.1 del experimento de NPK en hidroponía.**  
Promedio de dos experimentos.

**Table 1. Contents of chlorophyll ( $\mu\text{g ml}^{-1}$ ) during the cycle in clone 020342.1 NPK experiment in hydroponics.** Average of two experiments.

Tratamiento	Clorofila ( $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ )					
	48 DDE	55 DDE	61 DDE	68 DDE	76 DDE	82 DDE
1. 100N-30P-250K	138.87 ab	144.1 ed	141.55 cd	140.24 bc	140.56 ef	140.56 bc
2. 200N-30P-250K	139.84 ab	151.76 ab	151.29 ab	151 a	148.72 bc	148.72 abc
3. 100N-130P-250K	133.05 b	144.56 cde	147.58 bc	140 c	144.26 edf	144.26 c
4. 200N-130P-250K	129.62 b	130.12 f	136.36 d	146.76 ab	144.07 edf	144.07 bc
5. 100N-30P-350K	136.81 b	139.23 e	140.03 d	139.38 c	139.09 ef	139.09 abc
6. 200N-30P-350K	160.85 a	150.91 abc	153.35 ab	153.04 a	145.47 cdf	145.47 abc
7. 100N-130P-350K	131.61 b	138.11 e	137.49 d	139.89 c	137.77 f	137.77 bc
8. 200N-130P-350K	142.85 ab	150.43 abcd	152.42 ab	147.26 a	146.16 cde	146.16 abc
9. 150N-80P-300K	142.12 ab	146.35 bcd	154.85 a	149.47 a	154.79 ab	154.79 a
10. 250N-80P-300K	144.88 ab	151.69 ab	155.75 a	151.22 a	151.97 ab	151.97 ab
11. 150N-180P-300K	142.38 ab	150.09 abcd	152.45 ab	147.09 a	148.62 bcd	148.62 abc
12. 150N-80P-400K	145.73 ab	154.74 a	155.16 a	151.11 a	158.21 a	158.21 a

DDE= días después de emergencia. Tratamientos con las mismas letras, Tukey  $p < 0.05$ .

Los resultados de ANOVA mostraron que al menos un tratamiento era diferente. A los 48 DDE, los tratamientos con las menores concentraciones de clorofila fueron los tratamientos T4, T7, T3 y T5 con bajo contenido de N en la solución, a excepción del T4. El tratamiento con mayor contenido de clorofila fue el T6. Si se observan las seis fechas de muestreo, los tratamientos T2, T6, T8 y T12 presentaron en general valores altos en todas las fechas de muestreo. En la

development of the crop so that the management of fertilization nitrogenous regulates the growth and development of potato cultivation; on the other hand, some interaction between N and K is observed, since in some treatments even when they were  $150 \text{ mg L}^{-1}$  of nitrogen but high concentrations of potassium, the amount of chlorophyll was higher than in treatments with the two elements below  $150 \text{ mg L}^{-1}$  and  $300 \text{ mg L}^{-1}$  respectively.

prueba de comparación de medias de Tukey, los tratamientos T12, T10, T9, T8 y T6 presentaron valores más altos; y los de menor contenido de clorofila fueron el T1, T7 y T3.

Los mejores resultados para clorofila fueron aquellos con las concentraciones altas de K y N. Lo anterior concuerda con lo encontrado por Zebarth y Rosen (2007) que mencionan que altas concentraciones de nitrógeno favorecen el desarrollo vegetativo del cultivo por lo que el manejo de la fertilización nitrogenada regula el crecimiento y desarrollo del cultivo de papa; por otro lado, se observa cierta interacción entre N y K, ya que en algunos tratamientos aun cuando tuvieron  $150 \text{ mg L}^{-1}$  de nitrógeno pero concentraciones elevadas de potasio, la cantidad de clorofila fue mayor que en tratamientos con los dos elementos por debajo de  $150 \text{ mg L}^{-1}$  y  $300 \text{ mg L}^{-1}$  respectivamente.

### Índice de área foliar

En todos los tratamientos, el IAF se incrementó, en los primeros muestreos (31 y 41 DDE); el máximo crecimiento se presentó en el tratamiento T12 con 1.0 de IAF, y a los 41 DDE se alcanzó un incremento considerable de IAF en los tratamientos T6 y T12; después del 26 de octubre, este tratamiento empezó a descender de tal forma que para la última fecha (19 de noviembre) la media fue de 3.71. Algo similar sucedió en los tratamientos T8, T9 y T11 en la última fecha de muestreo el IAF disminuyó a 3.9, 3.4 y 3.5, respectivamente. A diferencia de lo anterior, los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T6 presentaron un aumento del IAF a través de las fechas de muestreo, sin tender a descender como en el caso del T12 (Figura 1). Los tratamientos con menor contenido de N presentaron valores altos de IAF hasta la tercera fecha de muestreo (20 de octubre), mientras que el tratamiento con altas concentraciones de N fue el T10; desde la segunda fecha presentó valores de 3.0 de IAF, lo cual ocurrió también con los tratamientos T6, T11 y T12 con 200, 150 y  $150 \text{ mg L}^{-1}$  de nitrógeno. Otro factor importante que influye en el rendimiento son los valores altos del IAF y la duración de los mismos; esto se observa para el tratamiento T6 y T12 que mostraron consistencia en el incremento de IAF durante el ciclo del clon 020342.1 de papa y que presentaron mayor rendimiento en número y biomasa de tubérculos.

### Altura de la planta

En relación a la altura de la planta, el análisis de varianza indicó que hubo diferencias significativas entre tratamientos en ambos experimentos, así como en el promedio de estos

### Foliar area index

In all treatments, the IAF increased in the first samples (31 and 41 DDE); maximum growth occurred in the treatment T12 with 1.0 of IAF, and at 41 DDE the IAF a considerable increase in the T6 and T12 treatments was reached; after October 26, this treatment began to decline so that for the last date (November 19), the average was 3.71. Something similar happened in treatments T8, T9 and T11 in the last sampling date IAF decreased to 3.9, 3.4 and 3.5, respectively. Unlike the above, T1, T2, T3, T4, T5 and T6 treatments they showed increased IAF through sampling dates, without tending to decrease as in the case of T12 (Figure 1). Treatments with lower content of N showed high IAF values to the third sampling date (October, 20), whereas treatment with high concentrations of N was the T10; from second date presented values IAF 3.0, which also occurred with T6, T11 and T12 treatments 200, 150 and  $150 \text{ mg L}^{-1}$  of nitrogen. Another important factor influencing performance are the high values of the IAF and the duration thereof; this is observed for treatment T6 and T12 showed consistency in increasing IAF during the cycle of potato clone 020342.1 and had higher performance in number and biomass of tubers.

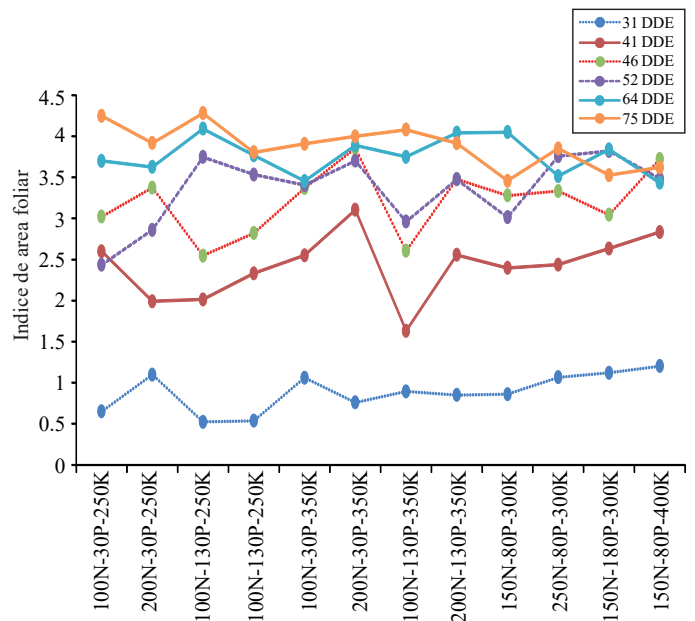


Figura 1. Índice de área foliar del clon 020342.1 a los 31, 41, 46, 52, 64 y 75 DDE del experimento de NPK en hidroponía. Promedio de los experimentos 1 y 2.

Figure 1. Foliar area index of the clone 020342.1 at 31, 41, 46, 52, 64 and 75 DDE experiment NPK in hydroponics. Average experiments 1 and 2.

(Figura 2). Los tratamientos que presentaron plantas con mayor altura fueron el T10 con una media de 47 cm, T8 con 43 cm, con alto contenido de N; y el T11 con 45 cm, T9 con 42 y T12 con 42 cm; todos fueron estadísticamente diferentes con los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5 y T7. Por otra parte, se presentó interacción entre N y K, y N y P; además, los tratamientos presentaron respuestas diferentes de acuerdo a la dosis de K aplicado en la solución nutritiva.

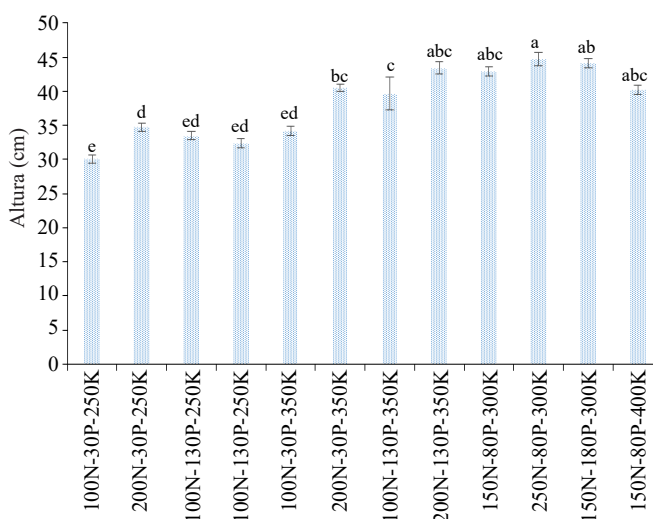
### Rendimiento de minitubérculos

Los rendimientos de peso fresco de tubérculo del clon 02342.1 son estadísticamente diferentes en todos los tratamientos (Cuadro 2). El rendimiento promedio del experimento va de 167.27 a 216.95 g; los tratamientos con los menores rendimientos son T7 con 167.27 g, el T4 con 172.88 y el T1 con 174.24 g; el tratamiento con el menor peso fresco tiene la menor concentración de N, lo cual demuestra la importancia del P y N en la tuberización de la papa. Los tratamientos con los rendimientos más altos fueron el T3 con 202.28 g, el T10 con 216.69 y el T6 con 216.95 g. Como se puede observar, los mejores tratamientos contienen alta concentración de nitrógeno (200 y 250 mg L<sup>-1</sup>) y concentraciones de potasio (300 y 350 mg L<sup>-1</sup>); mientras el tratamiento T3 tiene menor contenido de nitrógeno y potasio, pero con mayor contenido de fósforo; el T2 contiene elevada concentración de nitrógeno y baja de fósforo, el cual también presenta buena producción en peso fresco. Lo anterior nos indica que existe un balance entre los tres elementos principales NPK para lograr altos rendimientos (mayores que 198 g).

Lo resultados encontrados concuerdan con lo mencionado por Ayalew y Beyene (2011) quienes con 280 kg ha de K incrementaron el rendimiento en campo en 10 ton más comparado con el tratamiento de 200 kg ha de potasio. Además, Muro *et al.* (1997); Simko (1991) evaluaron la influencia de dos soluciones nutritivas para el cultivo hidropónico de papa, encontrando muy buenos rendimientos de tubérculo con altas concentraciones de este elemento. Mc Collon (1978) menciona que alta concentración de fósforo y bajas de Zinc en la solución nutritiva da rendimientos dos veces mayores a los comerciales. Finalmente, Flores *et al.* (2009) estudiaron la densidad de siembra sobre el rendimiento de semilla de papa y encontraron que a mayor densidad decrece el número de tubérculos por planta.

### Plant height

In relation to plant height, analysis of variance indicated that there were significant differences between treatments in both experiments, and the average of these (Figure 2). The treatments presented plants were taller T10 an average of 47 cm, with 43 cm T8, high in N; and 45 cm to T11, T9 with 42 and T12 with 42 cm; all were statistically different with T1, T2, T3, T4, T5 and T7 treatments. Moreover, interaction between N and K, and N and P was presented; Additional treatments showed different responses according to the dose of K applied in the nutrient solution.



**Figura 2. Altura promedio de plantas del experimento de NPK en el clon 020342.1 en hidroponía.** Tratamientos con la misma letra son iguales, Tukey  $p < 0.05$ .

**Figure 2. Average height of plants NPK experiment in clone 020342.1 in hydroponics.** Treatments with the same letter are the same, Tukey  $p < 0.05$ .

### Performance minitubers

The yields of fresh weight of tuber clone 02342.1 are statistically different in all treatments (Table 2). The average yield of the experiment ranges from 167.27 to 216.95 g; treatments with lower yields are T7 with 167.27 g, T4 and T1 with 172.88 with 174.24 g; treatment with the lowest fresh weight has the lowest concentration of N, which demonstrates the importance of P and N in the potato tuber. Treatments with the highest yields were T3 with 202.28 g, the T10 with 216.69 and 216.95 g with T6. As can be seen, the best treatments contain high concentration of nitrogen (200 and 250 mg L<sup>-1</sup>) and potassium concentrations (300 and 350 mg L<sup>-1</sup>); while the T3 treatment has lower content of nitrogen and potassium, but with higher content of phosphorus; T2



**Cuadro 2. Peso fresco de tubérculos y comparación de medias del clon 020342.1 del experimento de NPK en hidroponía.**

**Table 2. Fresh weight of tubers and comparison of means from clone 020342.1 NPK experiment in hydroponics.**

Tratamiento	Media de peso fresco de tubérculo (g)
1. 100N-30P-250K	174.24 def
2. 200N-30P-250K	198.47 abc
3. 100N-130P-250K	202.28 ab
4. 200N-130P-250K	172.88 ef
5. 100N-30P-350K	179.31 cdef
6. 200N-30P-350K	216.95 a
7. 100N-130P-350K	167.27 f
8. 200N-130P-250K	193.25 bcd
9. 150N-80P-300K	185.66 cbdef
10. 250N-80P-300K	216.69 a
11. 150N-180P-300K	186.92 bcde
12. 150N-80P-400K	191.48 bcde

Tratamientos con la misma letra son iguales, Tukey  $p < 0.05$ .

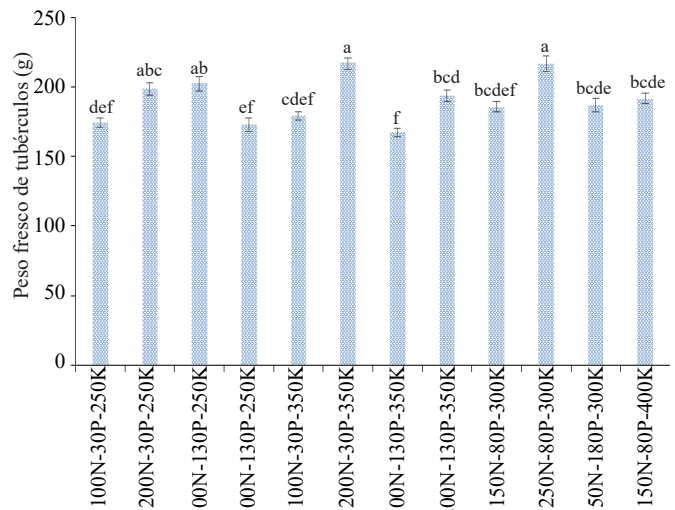
La Figura 3 muestra con mayor claridad la diferencia entre tratamientos. Sin embargo, los resultados no son consistentes en relación al contenido de P en la solución, por lo que se puede afirmar que el P en las concentraciones evaluadas no fue definitivo en la producción de peso fresco de tubérculos; estos resultados concuerdan con lo mencionado por Muro *et al.* (1997), quienes encontraron que al incrementar la concentración de fósforo en las soluciones nutritivas empleadas, no se incrementa el rendimiento.

En lo que se refiere al número de tubérculos totales se observa (Figura 4) que existe diferencia entre tratamientos. Los tratamientos con mayor producción de minitubérculos por planta fueron el T8 con 18.6 tubérculos, T12 con 18.2, T10 con 18.1 y T6 con 16.8. Se observa que el N influyó en el número de tubérculos en tres de las cuatro soluciones, de las cuales su concentración fue superior a 200 mg L<sup>-1</sup>; asimismo, el tratamiento con mayor número de minitubérculos fue el que presentaba 130 mg L<sup>-1</sup> de P. Esto concuerda con lo reportado por Alva *et al.* (2002); Giorgetta *et al.* (1993), quienes mencionan que el N es muy importante para el rendimiento de papa, y que el P es importante en la generación de estolones y el rendimiento.

contains high concentration of nitrogen and low phosphorus, which also has good production in fresh weight. This indicates that there is a balance between the three main elements NPK to achieve high yields (greater than 198 g).

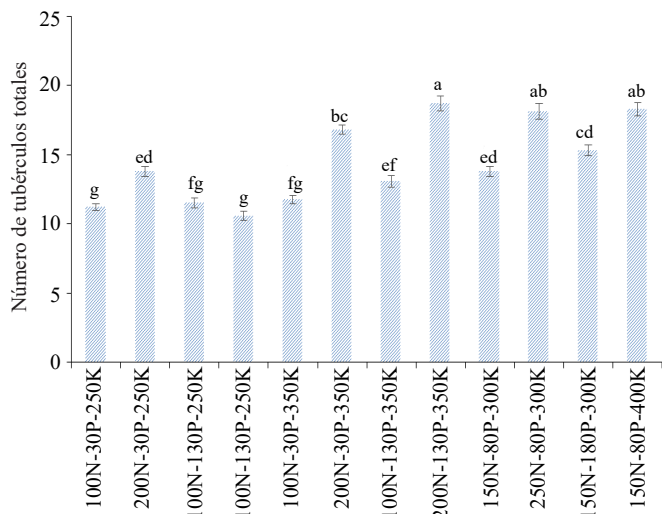
The results agree with those mentioned Ayalew and Beyene (2011) who with 280 kg ha of K has increased performance in field 10 ton more compared with treatment of 200 kg ha potassium. In addition, Muro *et al.* (1997); Simko (1991) evaluated the influence of two nutrient solutions for hydroponics potato, finding tuber very good yields with high concentrations of this element. Mc Collon (1978) mentions that high concentration of phosphorus and low zinc in the nutrient solution gives higher yields twice to commercial. Finally, Flores *et al.* (2009) studied planting density on yield of seed potatoes and found that the higher the density decreases the number of tubers per plant.

In the Figure 3 shows more clearly the difference between treatments. However, the results are not consistent with respect to the P content in the solution, so we can say that the P concentrations evaluated was not final in the production of tuber fresh weight; These results agree with those reported by Muro *et al.* (1997), who found that increasing the concentration of phosphorus in nutrient solutions employed, not performance increases.



**Figura 3. Comparación de peso fresco de tubérculos (g) producidos en invernadero del clon 020342.1 para el experimento de NPK en hidroponía.** Tratamientos con la misma letra son iguales, Tukey  $p < 0.05$ .

**Figure 3. Comparison of tubers fresh weight (g) produced in greenhouses clone 020342.1 for NPK experiment in hydroponics.** Treatments with the same letter are the same, Tukey  $p < 0.05$ .



**Figura 4. Número de tubérculos totales producidos en el invernadero por el clon 020342.1 para el experimento de NPK en hidroponía.** Tratamientos con la misma letra son iguales, Tukey  $p < 0.05$ .

**Figure 4. Total number of tubers produced in the greenhouse by clone 020342.1 for NPK experiment in hydroponics.** Treatments with the same letter are the same, Tukey  $p < 0.05$ .

Por otro lado, los tratamientos con menor número de tubérculos fueron el T4 con 10.5, T5 con 11.7, T7 con 13 y T1 con 12.2. Se observó el mismo comportamiento para los tubérculos mayores de 15 mm de diámetro (Cuadro 3).

Aquí destacaron los tratamientos T8, T10, T12 y T6, los cuales fueron iguales estadísticamente con 14.52, 14.3, 14.21 y 13.7 minitubérculos respectivamente. Al comparar los tratamientos T8 y T6, podemos observar la influencia positiva del fósforo en la producción de minitubérculos, pues mientras el T6 contiene solo 30 mg L<sup>-1</sup>, el tratamiento T8 contiene 130 mg L<sup>-1</sup>.

En general, los tratamientos con mayor contenido de potasio, independientemente de la concentración de fósforo, presentaron mayor cantidad de minitubérculos, tanto totales como mayores de 15 mm de diámetro (Cuadro 4).

Esto concuerda con lo encontrado por Chapman *et al.* (1992) y Singh and Lai (2012) quienes mencionan que a mayor concentración de K, se tiene mayor rendimiento del cultivo, tanto en campo como en invernadero. Así como también se puede observar que en los tratamientos con menor concentración de nitrógeno presentaron menor número de minitubérculos; sin embargo, se presenta un aumento de producción cuando se utilizan 200 y 250 mg L<sup>-1</sup> de este elemento. Además, estos resultados concuerdan con lo encontrado por Novella *et al.* (2008); Muller *et al.* (2007), quienes mencionan que la

As it regards the total number of tubers is observed (Figure 4) that there is difference between treatments. Treatments increased production of mini-tubers per plant were the T8 with 18.6 tubers, with T12 with 18.2, T10 with 18.1 and T6 with 16.8. It is noted that the N influenced the number of tubers in three of the four solutions of which concentration was higher than the 200 mg L<sup>-1</sup>; likewise, treatment with the highest number of minitubers was presenting 130 mg L<sup>-1</sup> of P. This results agree with those reported by Alva *et al.* (2002); Giorgetta *et al.* (1993), who mentioned that N is very important for potato yield, and P is important in the generation of stolons and performance.

On the other hand, treatments with fewer tubers were T4 with 10.5, T5 with 11.7, T7 with 13 and T1 with 12.2. The same behavior for larger tubers of 15mm diameter was observed (Table 3).

**Cuadro 3. Número de tubérculos >15 mm producidos en invernadero por el clon 020342.1 en el experimento de NPK en hidroponía.**

**Table 3. Number of tubers >15 mm gases produced by clone 020342.1 on NPK experiment in hydroponics.**

Tratamiento	Media	
	T>15 mm	TT
1. 100N-30P-250K	9.47 ef	11.22 g
2. 200N-30P-250K	11.44 cd	13.08 de
3. 100N-130P-250K	9.78 ef	11.52 fg
4. 200N-130P-250K	8.92 f	10.59 g
5. 100N-30P-350K	10.02 def	11.77 gf
6. 200N-30P-350K	13.74 ab	16.81 bc
7. 100N-130P-350K	10.54 ed	13.07 ef
8. 200N-130P-350K	14.52 a	18.68 a
9. 150N-80P-300K	11.36 cd	13.77 de
10. 250N-80P-300K	14.30 a	18.13 ab
11. 150N-180P-300K	12.47 bc	15.30 cd
12. 150N-80P-400K	14.21 a	18.27 ab

T>15 mm = tubérculos mayores de 15 mm de diámetro; TT = tubérculos totales. Tratamientos con la misma letra son iguales, Tukey  $p < 0.05$ .

Here treatments highlighted T8, T10, T12 and T6, which were statistically equal to 14.52, 14.3, 14.21 and 13.7 minitubers respectively. When comparing treatments T8 and T6, we can see the positive influence of phosphorus in the production of minitubers, for while the T6 contains only 30 mg L<sup>-1</sup>, treatment T8 contains 130 mg L<sup>-1</sup>.

In general, treatments with higher potassium content, regardless of the concentration of phosphorus, had a higher number of minitubers, both total and over 15 mm in diameter (Table 4).

conductividad eléctrica de la solución nutritiva de 1 hasta 5.8 ds m<sup>-1</sup> no afecta el número y rendimiento de minitubérculos. También se puede observar en el Cuadro 4 que la distribución de los diámetros de minitubérculos por tratamiento, es diferente; así, los tratamientos T2 y T4 con 200 mg L<sup>-1</sup> de nitrógeno y 250 mg L<sup>-1</sup> de K, independientemente de la concentración de P, presentaron el mayor número de minitubérculos mayores de 40 mm de diámetro, seguidos de los tratamientos T1 y T3 con menor contenido de nitrógeno.

This is consistent with what was found by Chapman *et al.* (1992) and Singh and Lai (2012) who mentioned that the higher the concentration of K, has increased crop yield, both in field and greenhouse. As you can also see that in treatments with lower concentration of nitrogen they had fewer minitubers; however, production increased when used 200 to 250 mg L<sup>-1</sup> of this element is presented. In addition, these results are consistent with that found by Novella *et al.* (2008); Muller *et al.* (2007), who report that the electrical

**Cuadro 4. Distribución de diámetros (%) de minitubérculos en el clon 020342.1 para el experimento NPK en hidroponía.**  
**Table 4. Distribution of diameters (%) of minitubers in clone 020342.1 for NPK experiment in hydroponics.**

Tratamientos	Diámetro						
	40 mm	30 mm	25 mm	20 mm	18 mm	15 mm	>15 mm
1. 100N-30P-250K	1.8	21.6	23.3	22.1	8.1	7.6	15.6
2. 200N-30P-250K	3.3	24.5	22.4	18.7	7.3	6.6	17.2
3. 100N-130P-250K	1.7	25.7	21.4	18.6	9.3	7.9	15.4
4. 200N-130P-250K	3.7	21.3	23.4	19.3	9.1	7.4	15.7
5. 100N-30P-350K	0.9	22.1	23.6	20.5	9.6	8.4	14.9
6. 200N-30P-350K	0.8	16.4	21	24	11.2	8.5	18.3
7. 100N-130P-350K	0	14.6	21.8	23.8	11.1	9.4	19.4
8. 200N-130P-350K	0	12.6	19.4	23.2	12.7	9.9	22.3
9. 150N-80P-300K	0.1	14.5	22.4	25.8	11.7	7.8	17.8
10. 250N-80P-300K	0.4	14.5	18.7	21.9	12.7	10.5	21.3
11. 150N-180P-300K	0.2	14	20.4	24.7	12.6	9.6	18.5
12. 150N-80P-400K	0	11.4	18.7	24.3	12.5	10.9	22.2

Asimismo, los tratamientos del uno al cinco, para el diámetro de 30 mm, presentaron los valores mayores; es decir, tuvieron menos cantidad de tubérculos pero de mayor diámetro lo contrario con los tratamientos T8, T10 y T12. Se presentó mayor cantidad de minitubérculos de diámetro menores que 15 mm, donde el porcentaje fue superior al 20%; destaca el tratamiento T12 (150N-80P-400K) con 22%. En general, el experimento presentó la mayor producción de minitubérculos para los diámetros de 20 y 25 mm. Lo contrario resultó para los tratamientos del T1 al T5, cuya mayor producción correspondió a los diámetros de 25 y 30 mm.

## Conclusión

En condiciones de invernadero, las concentraciones por arriba de 200 mg L<sup>-1</sup> de N, 130 de fósforo y 250 mg L<sup>-1</sup> de K favorecen la producción de minitubérculos de papa en cultivo hidropónico en perlita.

conductivity of the nutritive solution 1 to 5.8 ds m<sup>-1</sup> does not affect the number and performance of minitubers. It can also be seen in Table 4 that the distribution of the diameters of minitubers per treatment, is different; so, T2 and T4 treatment with 200 mg L<sup>-1</sup> of nitrogen and 250 mg L<sup>-1</sup> of K, regardless of the concentration of P, showed the highest number of minitubers over 40 mm in diameter, followed by T1 and T3 with lower nitrogen content.

Also, treatments 1 to 5, for the diameter of 30 mm, showed the highest values; i.e. tubers had fewer but larger diameter otherwise treatments with T8, T10 and T12. The minitubers larger amount of less than 15 mm, where the percentage was higher than 20% diameter was presented; It highlights the T12 (150N-80P-400K) treatment with 22%. In general, the experiment showed the highest production of minitubers for diameters of 20 and 25 mm. The opposite turned out to treatments T1 to T5, which increased production corresponded to the diameters of 25 and 30 mm.

El clon 020342.1 estudiado, con estas concentraciones de NPK en la solución nutritiva, presento mayor rendimiento en número de minitubérculos, cantidad de tubérculos de menor diámetro, IAF, contenido de clorofila, altura de planta (47 cm) y mayor rendimiento.

## Literatura citada

- Alva, T.; Hodges, A.; Boydston, and Collins, P. 2002. Dry matter and nitrogen accumulations and partitioning in two potato cultivars. *J. Plant Nutr.* 25(8):1621-1630.
- Ayalew, A. and Beyene, S. 2011. The influence of potassium fertilizer on production of potato (*Solanum tuberosum* L.) at Kembata in southern Ethiopia. *J. Biol. Agric. Helthcare.* 1(1):1-12.
- Boersig, R. and Wagner, A. 1988. Hydroponics systems for production of seed tubers. *Am. Potato J.* 65:470-471.
- Coraspe, M.; Muroaka I. y Do Prado N. 2009. Nitrógeno y potasio en solución nutritiva para la producción de tubérculos- semilla de papa. *Agron. Tropical.* 58(4):417-425.
- Chapman, L.; Sparrow, P.; Hardman, D.; Wright, and Thorp J. 1992. Potassium nutrition of Kennebec and Russet Burbank potatoes in Tasmania: effect of soil and fertilizer potassium on yield, petiole and tuber potassium concentrations, and tuber quality. *Aust. J. Exp. Agr.* 32(4):521-527.
- Chil, D.; Kim, Y.; Jeong, C. and Lee, B. 2001. Solution temperature effects on potato growth and mineral uptake in hydroponic System. *Acta Hortic.* 54(8):517-522.
- Da Silva, A. 2000. Potato crop growth as affected by nitrogen and plant density. *Pesquisa Agrop. Bras. Brasilia.* 35(5):939-950.
- Flores, L. R.; Sánchez, F.; Rodríguez, E.; Colinas, T.; Mora R. y Lozoya, H. 2009. Densidad de población en el cultivo hidropónico para la producción de 56 tubérculos-semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 15(3):251-258.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema climático de Köppen para la República Mexicana. 5ª Edición. Instituto de Geografía. Serie de libros No. 6. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, D. F. 292 p.
- Giletto, M.; Echeverría, E. y Sandras, V. 2003. Fertilización nitrogenada en cultivares de papa (*solanum tuberosum*) en el Sudeste Bonaerense. *Ciencia del Suelo.* 21:44-51.
- Giorgetta, B.; Dallari, P. y Buteler, M. 1993. Efectos de la fertilización fosforada sobre la producción de minitubérculos de papa (*solanum tuberosum* L.) en invernadero. *Rev. Latinoam. de la Papa.* 5(6):89-102.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2008. Estadísticas básicas del Estado de México. Síntesis Geográfica del Estado de México. <http://www.inegi.gob.mx>.
- Lichtenthaler, K. and Wellburn, A. R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. *V. Biochem. Soc. Trans.* 11:591-592.
- Love, L.; Stark, C. and Salaiz, T. 2005. Response of four potato cultivars to rate and timing of nitrogen fertilizer. *Amer. J. Potato Res.* 82:21-30.
- Martinez, F; García, L.; Bou, J. and Prat, S. 2001. The interaction of gibberellins and photoperiod in the control of potato tuberization. *J. Plant Growth Reg.* 20(4):377-386.

## Conclusion

Under greenhouse conditions, concentrations above 200 mg L<sup>-1</sup> of N, phosphorus 130 and 250 mg L<sup>-1</sup> of K favor the production of potato minitubers in hydroponics in perlite.

The clone 020342.1 studied, with these concentrations of NPK in the nutrient solution, showed higher performance in number of minitubers, number of tubers smaller diameter, IAF, chlorophyll content, plant height (47 cm) and greater performance.

*End of the English version*



- Martínez, G. A. 1996. Diseños experimentales. Editorial Trillas. México, D. F. 756 p.
- Mc Collo, 1978. Analysis of potato growth under different P regimes. II time by P-status interactions for growth and leaf efficiency. *Agron. J.* 70:58-67.
- Mc Dole, E.; Stallknecht, G.; Dwelle, R. and Pavek, J. 1978. Response of four potato varieties to potassium fertilization in a seed growing area of eastern Idaho. *Am. Potato J.* 55:495-504.
- Muller, R.; Bisognin, A.; Andriolo, L.; Dellai, J. and Copetti, F. 2007. Potato hydroponical production in different concentrations of nutrient solution and growing seasons. *Pesq. Agrop. Bras., Brasilia.* 42 (5):647-653.
- Muro, J.; Diaz, V.; Goñi, L. and Lamsfus, C. 1997. Comparison of hydroponic culture and culture in a peat/sand mixture and the influence of nutrient solution and plant density on seed potato yields. *Potato Res.* 40:431-438.
- Novella, B.; Andriolo, L.; Bisognin, A.; Melo, C. and Guerra, M. 2008. Concentration of nutrient solution in the hydroponic production of potato minitubers. *Ciencia Rural.* 38(6):1529-1533.
- Rozo, M. and Nústez, L. 2011. Effects of phosphorus and potassium levels on the yield of the tuber variety Criolla Colombia in the department of Cundinamarca. *Agron. Colomb.* 29(2):205-212.
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2003. Norma oficial Mexicana (NOM -041-FITO-2002). Diario Oficial de la Federación (DOF). México. D. F.
- Statistical Analysis Systems (SAS). 2002. Versión 9.0. Cary, NC, USA. 965 p.
- Steiner, A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil.* 15:134-154.
- Simko. 1991. Potato tuberization in hydroponic conditions. *Biologia. Ser. A. (CSFR).* 46(1):89-90.
- Singh, S. K. and Lai, S. S. 2012. Effect of potassium nutrition on potato yield, quality and nutrient use efficiency under varied level of nitrogen application. *Potato J.* 39(2):155-165.
- Struik, C. and Wiersema, G. 1999. Seed potato technology. Wageningen Pers, Wageningen. The Neaderlands. 383 p.
- Zebarth, J. and Rosen, J. 2007. Research perspective and Nitrogen BMP development for potato. *Amer. J. Potato Res.* 84:3-18.