

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Escuela de Ingeniería Agronómica

**EVALUACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS
DINÁMICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULO-
SEMILLA CATEGORÍA PREBÁSICA EN DOS
VARIETADES DE PAPA BAJO EL SISTEMA
AEROPÓNICO.
CUTUGLAGUA, PICHINCHA.**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA**

JHENNY MARLENE CAYAMBE TERÁN

Quito – Ecuador

2010

7. RESUMEN

Para garantizar producción, productividad, pureza varietal y sanidad integral del cultivo de papa se requiere, fundamentalmente, semilla de óptima calidad y libre de enfermedades. Lamentablemente, en el Ecuador, la cobertura con semilla certificada es mínima; únicamente el 3% de la superficie nacional dedicada al cultivo de papa, está cubierta con este tipo de semilla. La forma convencional de producción de semilla pre-básica de papa es multiplicando material limpio de cultivo in-vitro bajo invernaderos, usando sustrato esterilizado. A pesar de los buenos resultados obtenidos mediante esta técnica, existen desventajas como: espacio limitado para el desarrollo de raíces y tubérculos, reflejados en la producción de bajos volúmenes de semilla; así como, contaminación del ambiente y afección a las personas por el uso de fumigantes altamente tóxicos. Frente a los bajos rendimientos de producción de semilla obtenidos en el sistema hidropónico, la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias y el Centro Internacional de la Papa, han emprendido proyectos de mejoramiento del cultivo, con el fin de mejorar la producción y abaratar los costos de producción del tubérculo – semilla. En base a la recomendación de la primera investigación realizada en Ecuador sobre aeroponía por Arias 2009, para mejorar la producción de tubérculo-semilla, se ha desarrollado la presente investigación, con la finalidad de determinar la solución nutritiva óptima para obtener tubérculo-semilla categoría pre-básica en dos variedades de papa, bajo el sistema aeropónico. Las variedades que se incluyeron en la investigación fueron evaluadas de acuerdo a las necesidades y a la aceptación en el mercado agroindustrial, a las necesidades del Programa Nacional de Raíces y Tubérculos – Rubro Papa (PNRT-Papa) y del Departamento de Producción de Semillas del INIAP. Los objetivos propuestos en esta investigación fueron: Determinar la diferencia existente entre las soluciones nutritivas aplicadas al cultivo de papa para la producción de tubérculo-semilla categoría pre-básica. Evaluar el efecto de cada solución nutritiva en la producción de tubérculo-semilla en la variedad I-Fripapa y en la variedad Superchola. Realizar el análisis financiero de los tratamientos en estudio para la producción de tubérculo-semilla categoría pre-básica, bajo sistema aeropónico,

La presente investigación fue realizada en el invernadero No.5 del Centro Internacional de la Papa dentro de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, localizado en la parroquia Cutuglagua del cantón Mejía, provincia de Pichincha.

En la investigación se implementó un Diseño Completamente al Azar con tres observaciones, dispuesto en un arreglo factorial 2x3. Se efectuaron las pruebas de significación respectivas, DMS < 5% y Tukey < 5%.

Los factores en estudio fueron dos variedades de papa, I-Fripapa y Superchola; con la aplicación de tres soluciones nutritivas: s1 (Universidad La Molina); s2 (Recomendación Horna); s3 (Requerimientos nutricionales). Las soluciones nutritivas dinámicas fueron aplicadas en dos etapas fisiológicas del cultivo: etapa inicial (desde el trasplante hasta el inicio de floración) y etapa final (desde floración hasta tuberización). La solución nutritiva dinámica 1 tiene mayor concentración de nitrógeno que la solución 2 y 3, tanto en la etapa inicial como en la etapa final. La solución nutritiva 3 tiene mayor concentración de fósforo y potasio en la etapa inicial y menor concentración en la etapa final, comparados con la solución 1 y 2. La solución 3 tiene mayor concentración de calcio únicamente en la etapa final, comparada con la solución 1 y 2 en ambas etapas. Las soluciones 2 y 3 tienen mayor concentración de azufre, magnesio, hierro y demás micronutrientes que la solución 1, tanto en la etapa inicial como final.

Las variables evaluadas fueron: porcentaje de sobrevivencia, días a la floración, diámetro del tallo principal al inicio de la floración, altura de planta al inicio de la floración, días a la primera cosecha, rendimiento total, rendimiento por planta, número de tubérculos por metro cuadrado, número de tubérculos por planta, porcentaje de extracción de semilla, número de tubérculos por categorías y análisis financiero.

Seis cajones de madera con las siguientes dimensiones: 1m de ancho x 5m de largo x 0.80m de altura, conformaban el sistema aeropónico. Las paredes de los cajones eran de espumaflex con ventanas removibles para la cosecha de los tubérculos-semilla. El interior de caja cajón estaba completamente cubierto con plástico negro.

El sistema de riego estaba constituido por seis tanques de 250 litros de capacidad. Cada tanque se conectaba a una electrobomba de medio caballo de potencia que impulsaba la solución nutritiva del tanque hacia las tuberías, mangueras y nebulizadores. Los nebulizadores estaban distribuidos en dos líneas de manguera, a una distancia aproximada de 60 cm entre uno y otro nebulizador. Adicionalmente se instaló un programador de riego (timer) por cada tres electrobombas, con el fin de regular automáticamente el tiempo de la fertirrigación. El riego se efectuaba durante 15 segundos cada 15 minutos, las 24 horas del día. La fertilización y el riego se manejaron en conjunto (fertirrigación). Las soluciones nutritivas dinámicas fueron el principal factor en estudio.

Se utilizó plántulas in-vitro de 5 a 6 cm de altura (405 plantas de la variedad I-Fripapa y 405 plantas de la variedad Superchola) para ser transplantadas directamente a los cajones oscuros, el sistema de plantación fue "tres bolillo", con una distancia de 27 cm entre plantas.

A los 45 días se realizó el aporque; mismo que, en este sistema, se efectuó utilizando un bisturí para eliminar 4 ramillas desde la base de cada planta cuando tenían una altura, aproximada, de 20 cm. Antes de continuar con otra planta, se desinfectó el bisturí con hipoclorito de sodio. Luego de 5 días que se dejó

cicatrizarse, se introdujo el tallo en el interior del cajón hasta el nivel en que se encontraba la siguiente ramilla.

El tutoreo se efectuó a los 50 días después del trasplante, utilizando cinta de plástico. Uno de los extremos de la cinta se sujetó del tallo, a 5 cm de la base de cada una de las plantas. El otro extremo se enlazó a un sistema de alambres que atravesaban por encima de los cajones, sujetos a postes metálicos en el interior del invernadero.

Se realizó un análisis de tejido foliar completo en los laboratorios del Departamento de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP), con la finalidad de evaluar la absorción de nutrientes por las plantas. Para el efecto, se escogieron 8 plantas al azar de cada observación, correspondientes a la etapa de crecimiento, floración y cosecha. De estas tres etapas, se tomó el material foliar y radicular; obviamente, en la cosecha se incluyó el análisis de los tubérculos. Con los resultados proporcionados por el laboratorio, se realizó el cálculo de la extracción de nutrientes.

Se realizaron controles para Oídio (*Oidio spp.*) con Bupirinato (1.5 g/litro) y Azoxystrobin + Difenconazole (1.5 g/litro); y para Polilla de la papa (*Symmetrischema tangolias*) utilizando Regent 1cc/litro (preventivo), Clorpirifos + Cipermetrina 1.5 cc/litro y Carbosulfan 1.5 cc/litro.

La cosecha se realizó en forma manual, iniciando con el borde y luego con la parcela neta. En las dos variedades se efectuaron tres cosechas. La cosecha de la variedad I-Fripapa inició a los 160 días; y de la variedad Superchola, se efectuó a los 185 días. Las siguientes cosechas se efectuaron cada 20 días. El período de cosecha en ambas variedades se prolongó durante dos meses; es así que, para la variedad Fripapa, la última cosecha se realizó a los 223 días y en Superchola, a los 245 días. Al finalizar cada cosecha, los tubérculos fueron clasificados por categorías y almacenados en un cuarto frío a una temperatura de 4°C.

Se realizó luego de la cosecha. El muestreo se realizó con 200 tubérculos de todos los tamaños y tomados al azar.

A nivel del tubérculo, el Control Interno de Calidad (CIC) fue dirigido a calificar la presencia de enfermedades causadas por *Rhizoctonia solani*, *Streptomyces scabies* y *Spongospora subterranea*. No se encontró la presencia de las enfermedades mencionadas.

De los resultados evaluados se llegó a las siguientes conclusiones:

- La solución nutritiva tres (Requerimientos nutricionales) produjo mayor número de tubérculos por planta, alcanzando un promedio de 99.67 tubérculos/planta frente a las demás soluciones, cuyo promedio fue de 90.22 y 90.69 tubérculos por planta, respectivamente. Sin embargo, al efectuar el análisis financiero, se determinó que la solución nutritiva uno (Univ. La Molina) fue la más rentable para la variedad I-Fripapa; mientras que, la

solución nutritiva tres (Requerimientos nutricionales) fue la mejor alternativa económica para Superchola.

- La solución nutritiva tres (Requerimientos nutricionales) generó mayor número de tubérculos por metro cuadrado, obteniéndose 2197.42 tubérculos/m² frente a las soluciones 1 y 2, cuyo promedio fue de 2162.70 y 1641.47 tubérculos por planta, respectivamente.
- La variedad Superchola generó mayor rendimiento total y mayor número de tubérculos por planta y por metro cuadrado, en comparación a los obtenidos por la variedad I-Fripapa; obteniéndose 8.63 kg/m², 101.64 tubérculos/planta y 2256.75 tubérculos/m², respectivamente. Esto se explica por el potencial genético de cada variedad bajo las mencionadas condiciones de producción.
- No se registraron tubérculos de primera ni de segunda categoría, debido al prolongado intervalo de cosecha y a la desigual distribución de agua y nutrientes por parte del sistema de riego; que, a pesar de haberle incorporado por dos líneas de aspersores, no abasteció equitativamente a todas las plantas.
- La variedad I-Fripapa, por sus características genéticas y por estar bajo una densidad de plantación óptima, produjo mayor número de tubérculos de mayor tamaño que Superchola; obteniéndose desde 22 a 455 tubérculos por planta desde la tercera a la quinta categoría.
- La variedad Superchola generó mayor número de tubérculos de sexta y séptima categorías, desde 940 a 1000 tubérculos por planta. Esto se justifica por las características genéticas de la variedad y porque no tuvo el espacio suficiente para desarrollar adecuadamente sus tubérculos.
- El análisis financiero para las interacciones con la variedad I-Fripapa, determina como única alternativa económica a la solución nutritiva uno (Univ. La Molina), cuyo beneficio neto fue de 537.21 USD/m², frente al resto de tratamientos; siendo la mejor solución nutritiva para la variedad Fripapa.
- El análisis financiero para las interacciones con la variedad Superchola, demuestra que la solución nutritiva tres (Requerimientos nutricionales) presenta el mayor beneficio neto, equivalente a 457.78 USD/m²; siendo la mejor solución nutritiva para la variedad Superchola.

Respecto a lo anterior se presentan las siguientes recomendaciones:

- Utilizar la solución nutritiva uno (Univ. La Molina) para la variedad I-Fripapa en la producción de tubérculo-semilla pre-básica bajo el sistema aeropónico.
- Utilizar la solución nutritiva tres (Requerimientos nutricionales) para la variedad Superchola en la producción de tubérculo-semilla pre-básica bajo el sistema aeropónico.
- Realizar pruebas para ajustar adecuadamente la distancia entre aspersores de los cajones; y así, lograr una mejor distribución de la solución nutritiva y consecuentemente una mayor producción.
- Efectuar estudios sobre intervalos de cosecha para obtener tubérculos con tamaños homogéneos.
- Reemplazar el sistema de tutorco tradicional utilizando malla de alambre, para mejorar el soporte de las plantas y mantener su desarrollo. Descriptores: Tecnología, Multiplicación, Fertilización, Fisiología, minitubérculos.

SUMMARY

To ensure production, productivity, varietal purity and integral health of the potato crop it is required good quality and disease free potato seed. Unfortunately, in Ecuador, certified seed coverage is minimal, only 3% of the national area planted with potatoes, is covered with this type of seed. The conventional way of pre-basic seed production of potatoes is multiplying clean material from in-vitro culture in greenhouses, using sterilized substrate. Despite the good results obtained by using this technique, there are disadvantages such as limited space for the development of roots and tubers, as reflected in the low volumes of seed production as well as environmental pollution and negative effects on people that use highly toxic fumigants. Faced with low seed yields by hydroponic system, the Santa Catalina Experimental Station of the INIAP and the International Potato Center, have undertaken research projects aimed to improve this crop, in order to increase production and lower costs of tuber- seed production. Based on Arias' recommendations, the first research on aeroponics in Ecuador, to improve tuber-seed production, this research was developed in order to determine the optimal nutritive solution to obtain pre-basic tuber-seed of potato in two varieties under the aeroponic system. The objectives proposed in this research were: To determine the difference between the nutritive solutions applied to the potato crop for pre-basic tuber-seed production of potato. Evaluate the effect of each nutritive solution in the production of tuber-seed of Superchola variety. Evaluate the effect of each nutritive solution to produce potato pre-basic tuber-seed of I-Fripapa variety. Perform financial analysis of the treatments under study to produce pre-basic tuber-seed of potato under aeroponic system.

This research was developed in the greenhouse No.5 of the International Potato Center of Estación Experimental Santa Catalina of INIAP, located at Cutuglagua, Mejía, Pichincha province.

A factorial 2x3 was implemented on a Completely Randomized Design (CRD) with three observations. Significance tests were performed, such as DMS <5% and Tukey <5%.

The factors in study were two varieties of potato, I-Fripapa and Superchola; with the application of three nutritive solutions: s1 (La Molina University), s2 (Horná Recommendation), s3 (Nutritional Requirements). The dynamic nutritive solutions were applied in two physiological stages of the crop: early stage (from transplanting to the beginning of flowering) and final stage (from flowering to tuberization). The dynamic nutritive solution 1 has higher nitrogen concentration than solution 2 and 3, both in the initial stage and in the final stage. The nutritive solution 3 has higher concentration of phosphorus and potassium in the initial stage and lower concentration in the final stage, compared with solutions 1 and 2. Solution 3 has higher calcium concentration only in the final stage, compared with solutions 1 and 2 in both stages. Solutions 2 and 3 have higher concentration of

sulfur, magnesium, iron and other micronutrients than solution 1, in both the initial and final stage.

The variables evaluated were: survival percentage, days to flowering, main stem diameter at the beginning of flowering, plant height at the beginning of flowering, days to first harvest, total yield, yield per plant, number of tubers per square meter, number of tubers per plant, seed extraction percentage, number of tubers per category and financial analysis.

Six wooden drawers of the following dimensions: 1m wide x 5m long x 0.80m high, constituted the aeroponic system. The walls of the drawers were made of espumaflex with removable windows to harvest tuber-seeds. The interior of each drawer was completely covered with black plastic.

The irrigation system consisted of six tanks of 250 liters of capacity. Each tank was connected to an electric pump of half horse power to impulse the nutrient solution from the tank into the pipes, hoses and nebulizers. Nebulizers were distributed in two hose lines, at an approximate distance of 60 cm from each other. Additionally, an irrigation programmer (timer) was installed for every three electric pumps, to automatically adjust the time of fertigation. Irrigation was done for 15 seconds every 15 minutes, 24 hours a day. Fertilization and irrigation were managed together (fertigation). Dynamic nutritive solutions were the main factor under study.

In vitro grown seedlings, 5 to 6 cm high (405 plants of the variety I-Fripapa and 405 plants of the variety Superchola), were used to be transplanted directly into the dark boxes; the planting system was "tres bolillos" at a distance of 27 cm among plants.

At 45 days hocking was done, using a scalpel to remove 4 branches from the base of each plant when they had an approximate height of 20 cm. Before proceeding with another plant, the knife was disinfected with sodium hypochlorite. After 5 days, required for wound healing, the stem was introduced inside the box until the next twig.

Tutoring took place 50 days after transplanting, using plastic tape. One end of the tape was attached to the stem, 5 cm from the base of each plant. The other end was bonded to a set of wires running above the boxes, attached to metal polls inside the greenhouse.

A comprehensive foliar analysis was performed in the laboratories of the Department of Soil and Water of Santa Catalina Experimental Station (INIAP), in order to evaluate the absorption of nutrients by the plants. For this purpose, 8 plants were randomly selected from each observation, corresponding to the growth, flowering and harvesting stages. Leaf and root material was collected from these three stages, and obviously, at harvest tuber analysis was also

performed. With the results provided by the laboratory, extraction of nutrients was calculated.

Powdery mildew (*Oidium* spp.) was controlled with Bupirimato (1.5 g / liter) and Azoxystrobin + Difenoconazole (1.5 g / liter), and Potato moth (*Symmetrischema tangolias*) using 1cc/litro Regent (preventive), Chlorpyrifos + Cypermethrin 1.5 cc / l and Carbosulfan 1.5 cc / liter.

Harvesting was performed manually, starting at the edge and then the net plot. Three harvests were made in the two varieties. Harvest of I-Fripapa variety began at 160 days, and Superchola variety, at 185 days. The other harvests were made every 20 days. The harvest period in both varieties was extended for two months; thus, for the Fripapa variety, the last harvest was performed at 223 days and Superchola, at 245 days. After each harvest, the tubers were classified into categories and stored in a cold room at a temperature of 4 ° C. After harvesting, internal Quality Control was carried out to characterize the presence of diseases caused by *Rhizoctonia solani*, *Streptomyces scabies* and *Spongospora subterranea*. Presence of these diseases was not found.

Out of the results obtained, the following conclusions were drawn:

- Nutritive solution three (Nutritional Requirements) produced a greater number of tubers per plant, averaging 99.67 tubers per plant compared to the other solutions, with an average of 90.22 and 90.69 tubers per plant, respectively. However, when financial analysis was performed, nutrient solution 1 (Univ. La Molina) was the most profitable for the I-Fripapa variety, while the nutrient solution three (nutrient requirements) was the best economic alternative for Superchola variety.
- Nutrient solution three (Nutritional Requirements) generated more tubers per square meter (2197.42 tubers per square meter), than solutions 1 and 2 (average of 2162.70 and 1641.47 tubers per plant, respectively).
- Superchola variety induced higher yields and greater total number of tubers per plant and per square meter, than those obtained for I-Fripapa variety, yielding 8.63 kg/m², 101.64 tubers / plant and 2256.75 tubers /m², respectively. This is explained by the genetic potential of each variety under these conditions of production.
- There were no tubers of first or second category, because of the long lapse of harvest and the unequal distribution of water and nutrients from the irrigation system, which, despite having built two lines of sprinklers, did not supply equally to all plants.
- I-Fripapa variety, due to their genetic characteristics and for being under optimal planting density, produced a greater number of tubers of larger size than those of Superchola (22 to 455 tubers per plant from the third to the fifth category).

- Superchola variety generated greater number of tubers of sixth and seventh categories, from 940 to 1000 tubers per plant. This is justified due to the genetic characteristics of the variety and because the crop did not have enough space to develop properly their tubers.
- Financial analysis for interactions with I-Fripapa variety, determined as the only economic alternative to nutritive solution 1 (Univ. La Molina), whose net profit was 537.21 USD/m², compared to the other treatments, being the best nutrient solution for the variety Fripapa.
- Financial analysis for interactions with the variety Superchola showed that the nutrient solution three (nutritional requirements) had the highest net income, equivalent to 457.78 USD/m²; being the best nutrient solution for the variety Superchola.

Regarding the above, the following recommendations are made:

- Use nutritive solution 1 (Univ. La Molina) for I-Fripapa variety in the production of pre-basic tuber-seed under the aeroponic system.
- Use nutritive solution three (nutritional requirements) for Superchola variety in the production of pre-basic tuber-seed under aeroponic system.
- Perform tests to properly adjust the distance between sprinklers in the drawers, and thus achieve a better distribution of the nutrient solution and therefore greater production.
- Conduct studies on harvest intervals to obtain uniform size tubers.
- Replace traditional tutoring system using wire mesh, to improve plant support and maintain plant development. Keywords: Technology, Multiplication, Fertigation, Physiology, minitubers.