

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE DIFERENTES FORMULACIONES QUÍMICAS EN EL CULTIVO DE LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN UN SUELO FERRALÍTICO ROJO DE LA PROVINCIA LA HABANA

Josefa Ruiz[✉], Margarita García y A. Hernández

ABSTRACT. Two field experiments and an agricultural extension service were conducted with the objective of studying the effect of different chemical fertilizer formulations on potato crop in different Red Ferralitic soils from Havana province during the 1999-2001 period. A high response was recorded in potato growth, yield and its components when the new formulations were applied. The highest yields were obtained with the complex formulas of Chilean nitrate (applied to plantation) and single nitrates (N-0-K applied 30 days after plantation). The best formulas were 14-20-20-2-2 in plantation and 15-0-14, 30 days after plantation, increasing yields over the production variant of 14.67 t.ha⁻¹ (total yield), 13.75 t.ha⁻¹ (commercial yield, Cuban pattern), and 18.45 t.ha⁻¹ (commercial yield, international pattern). Under production conditions, increases of 2.29 t.ha⁻¹ were recorded.

Key words: potato, *Solanum tuberosum*, fertilizer application, nitrogen, phosphorus, potassium, yield, nutrient uptake

RESUMEN. Durante el período 1999-2001, se llevaron a cabo dos experimentos de campo y una extensión agrícola, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes formulaciones de fertilizantes químicos sobre el cultivo de la papa en las condiciones de suelos Ferralíticos Rojos de La Habana. Los resultados mostraron una alta respuesta de la papa a las formulaciones aplicadas, dada por el efecto de estas sobre el crecimiento, el rendimiento y sus componentes. Los más altos rendimientos del cultivo se obtuvieron con la aplicación combinada de las fórmulas complejas de nitrato chileno (en plantación) y nitratos simples (N-0-K a los 30 ddp), en especial con la utilización de las fórmulas 14-20-20-2-2 en plantación y 15-0-14 a los 30 ddp, obteniéndose incrementos en los rendimientos por encima de la variante de producción de 14.67 t.ha⁻¹ (rendimiento total), 13.75 t.ha⁻¹ (rendimiento comercial, norma cubana) y 15.45 t.ha⁻¹ (rendimiento comercial, norma internacional); en condiciones de producción, estos incrementos fueron de 2.29 t.ha⁻¹.

Palabras clave: papa, *Solanum tuberosum*, aplicación de abonos, nitrógeno, fósforo, potasio, absorción de sustancias nutritivas, rendimiento

INTRODUCCIÓN

La papa es un cultivo de gran importancia para la alimentación de la población mundial después del trigo, el arroz y el maíz; además, es preferida en la población por sus variados usos (1). En Cuba se cultiva en un área de aproximadamente 15 200 ha con rendimientos promedio que oscilan entre 16 y 21 t.ha⁻¹. En comparación con otros cultivos, necesita cantidades elevadas de los macroelementos nutritivos como son nitrógeno, fósforo y potasio, realizando altas extracciones de hasta 3.5-0.9-5.3 kg.t⁻¹ de tubérculos producidos. En las condiciones de Cuba se llegan a aplicar cantidades de hasta 400-200-300 kg de N-P₂O₅-K₂O.ha⁻¹ (2).

Sin embargo, con el uso indiscriminado de los fertilizantes químicos, la alta mecanización y ausencia de

rotación de cultivos, los suelos paperos que presentan alto grado de degradación dado por el pH alto, baja materia orgánica, alta compactación, alto enfosfatamiento, así como los elevados contenidos de fósforo y potasio que provocan desbalances nutricionales, pueden provocar que disminuya la productividad del cultivo (3).

Para detener estos problemas en numerosos países como Bolivia, Perú, República Dominicana, Honduras y Ecuador (4), se han probado en los últimos años formulaciones muy eficientes, las cuales se elaboran sobre bases científicamente fundamentadas en las que se tienen en cuenta: los portadores, las dosis y el momento de aplicación, entre otros.

Teniendo en cuenta la problemática anteriormente señalada, en Cuba se hace necesario estudiar la factibilidad en el orden económico, ecológico y social de nuevas formulaciones, a partir de portadores diferentes de fertilizantes químicos, para buscar fórmulas más eficientes. Es por ello que se realizó el presente trabajo, con el objetivo de estudiar comparativamente el comportamiento de diferentes formulaciones de fertilizantes químicos con las utilizadas en la práctica agrícola cubana

Josefa Ruiz, Especialista; A. Hernández, Investigador Auxiliar del Departamento de Fitotecnia; Margarita García, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana Cuba, CP 32 700.

✉fefita@inca.edu.cu

actual y sus efectos sobre el rendimiento, sus componentes, la calidad de los tubérculos y la efectividad económica de las diferentes formulaciones evaluadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para alcanzar los objetivos propuestos, se llevaron a cabo dos experimentos de campo en condiciones de investigación y una extensión en condiciones de producción. Los experimentos se realizaron durante tres campañas consecutivas: 1998-1999, 1999-2000 y 2000-2001 y la extensión en la segunda campaña, todos sobre un suelo Ferralítico Rojo de la provincia de La Habana. Los experimentos de campo se montaron en la finca "Las Papas", perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Los mejores resultados de la investigación fueron evaluados a escala de extensión en la UBPC "Desembarco del Granma" del municipio de Güines en la provincia de La Habana. Las principales características químicas del suelo se presentan en la Tabla I.

Tabla I. Características químicas iniciales del suelo (0-20 cm)

| Campañas | pH (H ₂ O) | Materia orgánica (%) | P (ppm) | K | Ca (cmol.kg ⁻¹) | Mg |
|---------------------------|-----------------------|----------------------|---------|------|-----------------------------|-----|
| Experimento 1 (1998-1999) | 6.7 | 2.51 | 215 | 0.46 | 8.62 | 2.2 |
| Experimento 2 (1999-2000) | 6.5 | 2.53 | 232 | 0.50 | 8.87 | 1.9 |
| Experimento 2 (2000-2001) | 6.4 | 2.3 | 371 | 0.52 | 12.06 | 3.2 |
| Extensión (UBPC) | 7.4 | 3.10 | 145 | 0.96 | 12.6 | 2.0 |

En el experimento 1 se evaluaron 10 tratamientos (Tabla II), que consistieron en estudiar comparativamente diferentes formulaciones de fertilizantes Nitratos Chilenos (SQM) (tratamientos del 4 al 10), con lo requerido por el cartograma agroquímico (tratamiento 2), lo aplicado en la producción (tratamiento 3) y un testigo absoluto (tratamiento 1), todos distribuidos en el campo en un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas.

Se utilizó la variedad Desirée importada de Holanda (calibre II 35-45 mm). Para la variante del cartograma agroquímico (tratamiento 2), se utilizó el método de balance donde se tuvo en cuenta:

$$\text{Dosis de NPK} = \frac{\text{Extracción NPK para un rendimiento de } 25 \text{ t.ha}^{-1} \text{ (kg.ha}^{-1}\text{)} - \text{Contenido de NPK en el suelo (kg.ha}^{-1}\text{)}}{\text{Coeficiente de aprovechamiento de los elementos añadidos como fertilizantes}}$$

En este caso, se aplicó solo N en forma de urea, debido a que el suelo tenía altos contenidos de P y K, que sobrepasaban las necesidades del cultivo para el rendimiento esperado.

El marco de plantación de la papa fue de 0.90 x 0.25 cm. El área total de cada parcela fue de 21.6 m² (6 x 3.60 m), estando compuesta por cuatro surcos de 6 m de largo, tomándose los dos centrales como área de cálculo (2 x 3.60 m).

Tabla II. Tratamientos empleados. Experimento 1

| Tratamientos | Fórmulas | Momento | Dosis (kg.ha ⁻¹) | Total de nutrientes (kg.ha ⁻¹) | | | | |
|--------------|--------------|----------|------------------------------|--|-------------------------------|------------------|------|------|
| | | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Mg | S |
| 1 | 0-0-0 | - | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 46-0-0 | P* | 139 | 64 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 46-0-0 | 30 ddp** | 209 | 96 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | (1-0-0)*** | | 348 | 160 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 9-13-18**** | P | 1192 | 107 | 154 | 215 | 0 | 0 |
| | 46-0-0 | 30 ddp | 224 | 103 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | (1.4-1-1.4) | | 1416 | 210 | 154 | 215 | 0 | 0 |
| 4 | 14-0-40 | P | 375 | 64 | 0 | 150 | 0 | 0 |
| | 27-0-15 | 30 ddp | 356 | 96 | 0 | 53.4 | 0 | 0 |
| | (1-0-1.3) | | 731 | 160 | 0 | 203.4 | 0 | 0 |
| 5 | 15-0-14 | P | 429 | 64 | 0 | 60 | 0 | 0 |
| | 15-0-14 | 30 ddp | 643 | 96 | 0 | 90 | 0 | 0 |
| | (1-0-1) | | 1072 | 160 | 0 | 150 | 0 | 0 |
| 6 | 27-0-15 | P | 237 | 64 | 0 | 37 | 0 | 0 |
| | 27-0-15 | 30 ddp | 256 | 96 | 0 | 53 | 0 | 0 |
| | (1.7-0-1) | | 493 | 160 | 0 | 90 | 0 | 0 |
| 7 | 14-20-20+2-2 | P | 453 | 64 | 91.6 | 91.6 | 11.6 | 11.6 |
| | 14-20-20+2-2 | 30 ddp | 626 | 96 | 137.4 | 137.4 | 17.4 | 17.4 |
| | (1-1.4-1.4) | | 1079 | 160 | 229 | 229 | 29 | 29 |
| 8 | 14-20-20-2-2 | P | 750 | 105 | 150 | 150 | 15 | 15 |
| | 27-0-15 | 30 ddp | 204 | 55 | 0 | 31 | 0 | 0 |
| | (1-1-1.2) | | 954 | 160 | 150 | 181 | 15 | 15 |
| 9 | 14-20-20-2-2 | P | 1200 | 168 | 240 | 240 | 24 | 24 |
| | 14-0-40 | 30 ddp | 250 | 35 | 0 | 100 | 0 | 0 |
| | (1-1.2-1.7) | | 1450 | 203 | 204 | 340 | 24 | 24 |
| 10 | 14-20-20-2-2 | P | 1200 | 168 | 240 | 240 | 24 | 24 |
| | 15-0-14 | 30 ddp | 250 | 37 | 0 | 35 | 0 | 0 |
| | (1-1.2-1.3) | | 1450 | 205 | 240 | 275 | 24 | 24 |

*Plantación

**Días después de plantación

***Relación internutrientes de la aplicación final

****Variante de producción

En el experimento 2 se evaluaron tres tratamientos, que consistieron en estudiar comparativamente la variante con mejor comportamiento en el experimento anterior con dos testigos: testigo absoluto (1) y la variante de producción (2) (Tabla III). El resto de las condiciones fueron similares al experimento 1.

Los mejores resultados se probaron en condiciones de producción (UBPC "Desembarco del Granma"), evaluando comparativamente el efecto de la mejor formulación con la fórmula que se aplica actualmente en la producción (Tabla IV) y para ello se utilizó la variedad Lisseta (importada).

Las actividades fitotécnicas se realizaron de acuerdo con las normas técnicas del cultivo (5), destacándose el riego que se realizó cada seis días desde la plantación con volúmenes de 180-250 m³.ha⁻¹ y las atenciones fitosanitarias; para ello se hizo un manejo integrado de las plagas utilizando el control biológico y químico.

En los experimentos se realizó el análisis del suelo en el momento de la plantación, determinándose: pH-H₂O, MO (Walkley-Black), P (Oniani) y K, Ca y Mg intercambiables (NH₄AcO, 1 N, pH 7). También se determinó la altura de 10 plantas a los 40, 50 y 60 días después de la plantación (ddp), el porcentaje de cobertura a los 45 días ddp en el experimento 1 y en el experimento 2 solo se determinó la altura a los 60 ddp.

Tabla III. Tratamientos evaluados. Experimento 2

| Tratamientos | Fórmula | Momento de aplicación | Dosis (kg.ha ⁻¹) | Aporte nutrimental (kg.ha ⁻¹) | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|-----------------------|------------------------------|---|-------------------------------|------------------|----|----|-----|
| | | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | S | Mg | CaO |
| Testigo absoluto | Sin fertilización | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Totales | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Variante de Producción | 9-13-18 | Plantación | 1190 | 107 | 155 | 214 | 0 | 0 | 0 |
| | Urea (46-0-0) | 25-30 ddp* | 225 | 104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Totales | | 1415 | 211 | 155 | 214 | 0 | 0 | 0 |
| Mejor tratamiento Experimento 1 | 14-20-20-5-2-2 | Plantación | 1200 | 168 | 240 | 240 | 60 | 24 | 0 |
| | 15-0-14 | 25-30 ddp | 250 | 38 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 |
| | Totales | | 1450 | 206 | 240 | 275 | 60 | 24 | 0 |

*días después de plantado

Tabla IV. Variantes en la extensión (condiciones de producción)

| Tratamientos | Fórmula | Momento de aplicación | Dosis (kg.ha ⁻¹) | Aporte nutrimental (kg.ha ⁻¹) | | | | | |
|---------------------------------------|---------------|-----------------------|------------------------------|---|-------------------------------|------------------|----|----|-----|
| | | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | S | Mg | CaO |
| Variante de Producción | 9-13-18+ | Preplantación | 1190 | 107 | 155 | 214 | 0 | 0 | 0 |
| | Urea (46-0-0) | 25-30 ddp | 225 | 104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Totales | | 1415 | 211 | 155 | 214 | 0 | 0 | 0 |
| Mejor tratamiento en la Investigación | 14-20-20+ | Preplantación | 1200 | 168 | 240 | 240 | 60 | 24 | 0 |
| | 15-0-14 | 25-30 ddp | 250 | 38 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 |
| | Totales | | 1450 | 206 | 240 | 275 | 60 | 24 | 0 |

Se calcularon el rendimiento total (peso de todos los tubérculos) y el rendimiento comercial, de acuerdo con las normas cubana (calibres >3 mm) e internacional (calibres >35 mm), así como los indicadores de calidad y se realizó el análisis económico, tanto de los experimentos como de las extensiones, de acuerdo con los rendimientos obtenidos, calculándose para cada variante los beneficios netos (ganancias) así como la relación beneficio/costo, siguiendo la metodología descrita por FAO (6). De acuerdo con esta metodología, se calcularon los indicadores económicos según las siguientes fórmulas:

$$\text{Beneficio neto} = \frac{\text{Valor del aumento del rendimiento (\$)}}{\text{Costo del fertilizante (\$)}}$$

(Beneficio neto positivo: Significa que la aplicación del fertilizante fue provechosa).

Relación Beneficio/Costo: Valor del aumento del rendimiento/costo del fertilizante

Relación B/C >1 Significa que el fertilizante aportó un beneficio. >2 Indica beneficio de 100%.

>3 Significa que el beneficio del fertilizante fue muy notable.

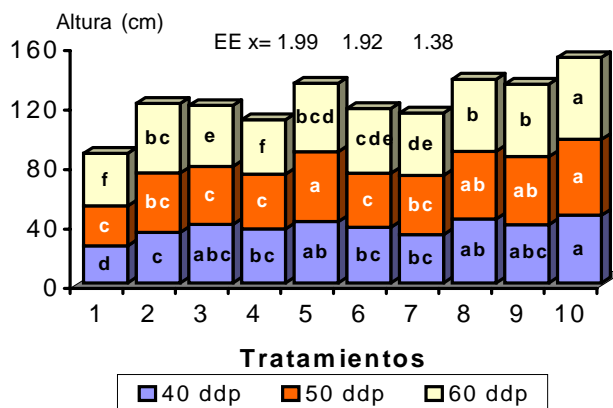
Para este análisis económico se tuvieron en cuenta los siguientes precios y costos en USD.t⁻¹: 14-20-20+ 5+2+2 (283.60), 15-0-14 (260.00), 14-0-40 (350.00), 27-0-15 (236.50), 20-0-30 (290.00), 9-13-18 (240.00), 46-0-0 (170.00).

Precio de una tonelada de papa: 300 USD (1999), 396 USD (2000).

Los resultados fueron procesados estadísticamente según el análisis de varianza de clasificación doble, aplicándose la prueba de Rango Múltiple de Duncan, en caso de que existieran diferencias significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1. Se observaron efectos positivos y altamente significativos de los diferentes tratamientos empleados en el incremento de la altura de la planta (Figura 1) en los tres momentos evaluados (40, 50 y 60 días después de la plantación), siendo el tratamiento 10 el que presentó el mayor valor (155 cm), lo que demostró la importancia de la combinación de las fórmulas 14-20-20 + 15-0-14 unido al aporte del nitrógeno en forma nítrica (4).

**Figura 1. Altura de las plantas en los tres momentos evaluados. Experimento 1**

Al determinarse posteriormente el porcentaje de cobertura del suelo por las plantas (Figura 2), el mayor valor lo obtuvo el tratamiento 10 (95 %), no difiriendo de los tratamientos 5, 7, 8 y 9 que también presentaron valores altos, confirmándose así la influencia de la aplicación del nitrógeno, dado que es el elemento de mayor importancia en esta etapa determinado por la fuente de fertilizante utilizada, que es de vital importancia en este cultivo, debido a su alta selectividad (7) y los beneficios de la fórmula 15-0-14 (tratamiento 5).

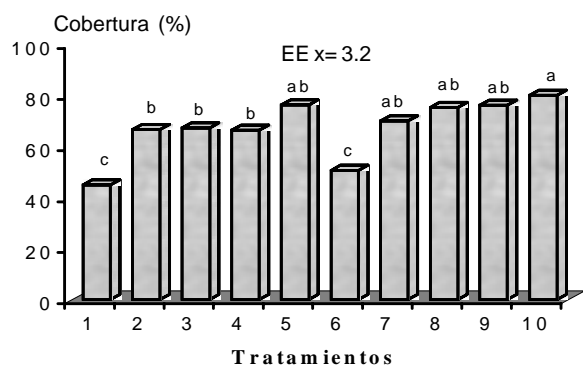


Figura 2. Porcentaje de cobertura. Experimento 1

En la Figura 3 se observan los valores del rendimiento del cultivo en los tratamientos con fertilizantes (2 al 10), los cuales se incrementaron en relación con el testigo absoluto (tratamiento 1), en un rango que oscila entre $3.74 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $19.75 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Se destaca la alta potencialidad productiva del suelo utilizado, sobre el cual sin el uso de fertilizantes químicos (testigo absoluto), se obtuvo un rendimiento total de $22.84 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, lo que representó el 60 % del rendimiento máximo alcanzado en el experimento ($42.6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), este último obtenido con el tratamiento 10 ($14\text{-}20\text{-}20 + 15\text{-}0\text{-}14$).

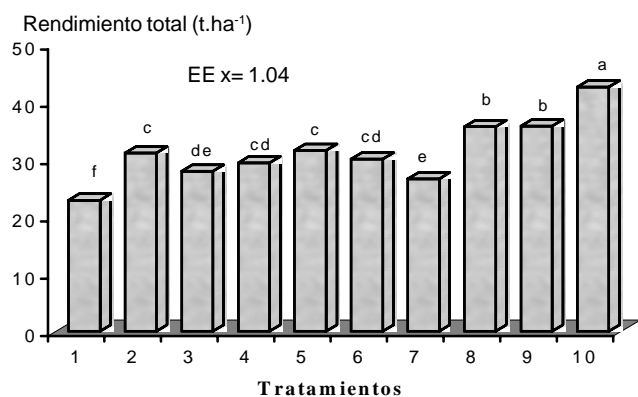


Figura 3. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento total. Experimento 1

Comportamientos similares se obtuvieron en el rendimiento comercial para ambos calibres ($>30 \text{ mm}$ y $>35 \text{ mm}$) (Figuras 4 y 5). Este aumento del rendimiento tanto total como comercial del tratamiento 10 puede atribuirse a la utilización de la fórmula $15\text{-}0\text{-}14$ como suplemento a los 30 días después de plantado, ya que además de presentar todas las ventajas que poseen el resto de las fórmulas (tratamiento 4 al 9), suministra el 15 % del nitrógeno en forma nítrica, elemento que es de vital importancia en la obtención de mayores rendimientos (8); también con esta fórmula se aporta una pequeña proporción de B, Mg y S, los cuales pudieron ser posibles limitantes de los rendimientos en estas condiciones para el resto de los tratamientos (4).

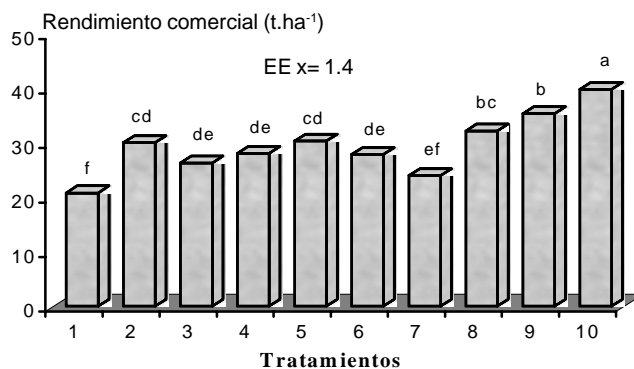


Figura 4. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento comercial (calibre $>30 \text{ mm}$). Normas Cubanas. Experimento 1

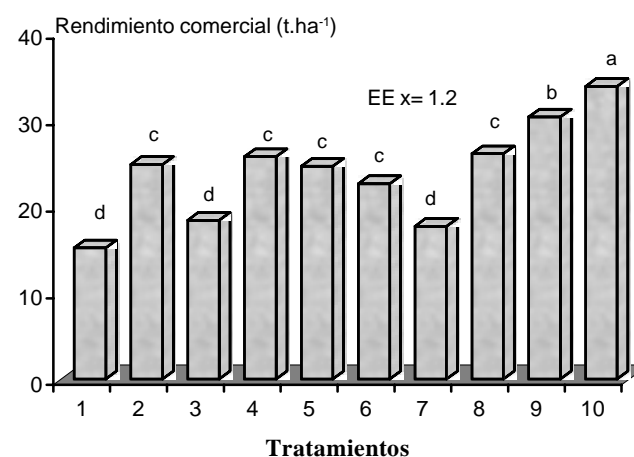


Figura 5. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento comercial (calibre $>35 \text{ mm}$). Normas Internacionales. Experimento 1

Experimento 2. En las dos campañas de este experimento evaluadas de igual forma que en el experimento 1 (Figura 6), los tratamientos con las formulaciones de la SQM y con la fórmula de producción, obtuvieron incrementos de los rendimientos de 13.73 y $15.06 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ por encima del testigo absoluto en la primera y segunda campañas respectivamente, demostrando así lo exigente e importante que resulta la aplicación de fertilizantes en este cultivo, ya que absorbe del suelo cantidades significativas de nutrientes debido a su alta capacidad productiva (9), por lo que según sea el rendimiento esperado debe ser la dosis a aplicar (2).

Se presentaron incrementos en el rendimiento total de 14.87 y 17.63 de las formulaciones de SQM en relación con el testigo absoluto; en esto pudo influir la óptima relación N:K que presentó, siendo de 1:1 a 1:1.3. Esta relación puede ser desde 1:1 hasta 1:1.5, importante para obtener mayor producción así como mayor calidad (4). De igual forma, ocurrió en el rendimiento comercial para ambos calibres (Figuras 7 y 8), confirmándose una vez más la influencia positiva de las fórmulas $14\text{-}20\text{-}20 + 15\text{-}0\text{-}14$ para satisfacer las necesidades nutritivas de la planta.

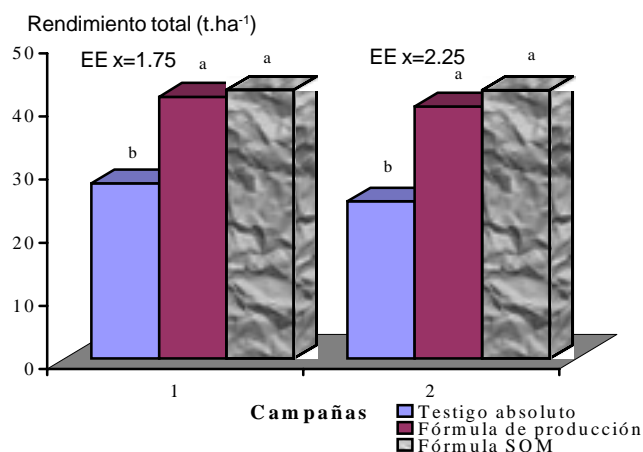


Figura 6. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento total. Experimento 2

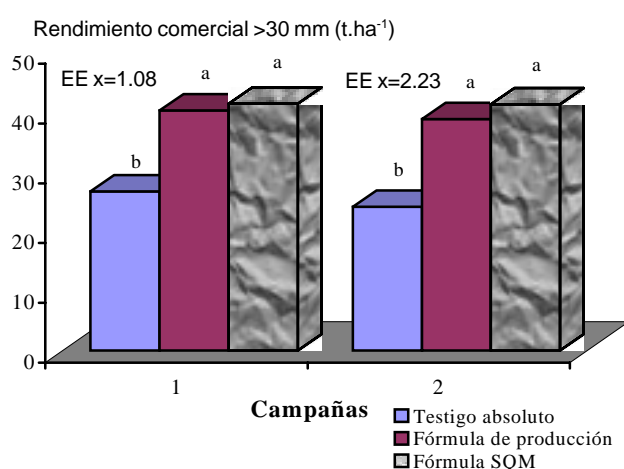


Figura 7. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento comercial (calibre >30 mm). Experimento 2

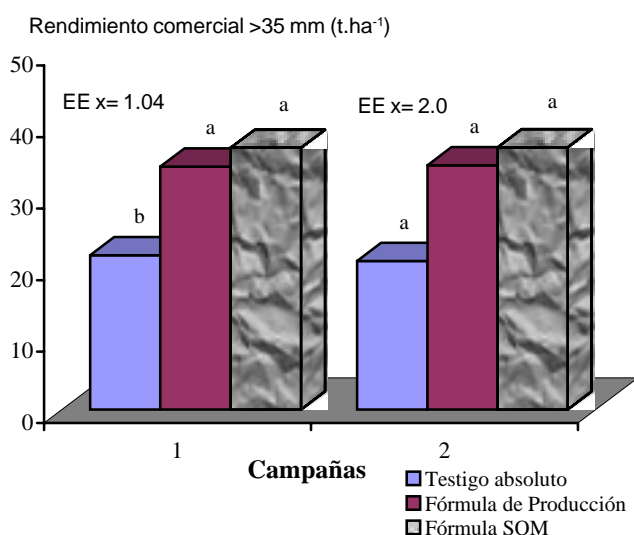


Figura 8. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento comercial (calibre >35 mm). Experimento 2

En este experimento se evaluaron algunos parámetros de calidad (porcentajes de masa seca y almidón, así como contenido de nitratos), según se puede observar en la Tabla V, en los cuales no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en ambas campañas, por lo que la dosis de fertilizantes aplicada no afectó estos parámetros, encontrándose dentro de los rangos óptimos (10). Esto demuestra que la fertilización aplicada fue la necesaria para satisfacer los requerimientos del cultivo, ya que una fertilización balanceada regula los procesos metabólicos que determinan la calidad de los rendimientos, así como las dosis aplicadas, fundamentalmente de nitrógeno, las que fueron suficientes para obtener rendimientos altos y con calidad para este tipo de suelo (11).

Tabla V. Efecto de los tratamientos sobre la calidad de los tubérculos (valor alimenticio) al momento de la cosecha

| Campaña | Tratamientos | NO ₃ (mg.kg ⁻¹) | Masa seca (%) | Almidón (%) |
|---------|---------------------|--|---------------|-------------|
| Primera | Test. Abs. | 71.29 | 21.67 | 15.18 |
| | F. prod. | 80.63 | 21.16 | 14.68 |
| | Trat. Invest. (SQM) | 72.79 | 19.91 | 13.38 |
| | EE x | 7.41 ns | 0.55 ns | 0.61 ns |
| Segunda | Test. Abs. | 76.41 | 19.37 | 12.89 |
| | F. prod. | 63.25 | 14.58 | 11.69 |
| | Trat. Invest. (SQM) | 77.00 | 19.41 | 13.00 |
| | EE x | 3.84 ns | 1.12ns | 1.05 ns |

Valoración económica de los resultados. La valoración económica de los resultados en el experimento 1 (Tabla VI) mostró altos beneficios netos de todos los tratamientos evaluados y una relación beneficio/costo (RBC) superior a 2, lo que evidencia que el uso de todas las formulaciones estudiadas es muy eficiente en estas condiciones, pero el mayor beneficio neto se obtuvo con el tratamiento 10, confirmando la eficiencia de esta fórmula.

De igual forma ocurrió en el experimento 2 (Tabla VII), donde se muestra un beneficio neto superior con la combinación de las formulaciones de fertilizantes de la SQM, en comparación con la fórmula de producción. Así mismo, se observaron altas RBC (relación beneficio/costo) de las formulaciones estudiadas, mostrando al igual que el experimento 1 la alta eficiencia de los fertilizantes aplicados.

Estos resultados nos demuestran que ha existido una integración de varios factores (dosis, momento, etc), donde se ha tenido un mayor control desde el punto de vista agronómico (12).

Resultados de la extensión. La evaluación económica nos demostró que ambos tratamientos superaron al rango de rendimiento de la media nacional, obteniéndose 32.04 t.ha⁻¹ en el tratamiento donde se aplicó la fórmula de producción (9-13-18) y 34.33 t.ha⁻¹ en el tratamiento que recibió la combinación de la fórmulas 14-20-20+15-0-14 (Tabla VIII), aportándose en ambos altos beneficios netos y altas relaciones beneficio/costo, por lo que los dos tratamientos realizan un beneficio neto del fertilizante muy notable; no obstante, se obtuvo el mayor rendimiento en el tratamiento donde se aplicó la combinación de las fórmulas 14-20-20+15-0-14, así como el

Tabla VI. Análisis económico de los resultados. Experimento 1

| Tratamientos | Rendimiento comercial >30 mm (t.ha ⁻¹) | Aumento del rendimiento (t.ha ⁻¹) | Costos y beneficios del fertilizante | | | | |
|--------------|--|---|--|---|--------|-----------------------------------|-------|
| | | | Rendimiento comercial >30 mm (\$.ha ⁻¹) | Aumento del rendimiento (\$.ha ⁻¹) | Costo | Beneficio (\$.ha ⁻¹) | RBC |
| 1 | 20.79 | 6237 | - | - | - | - | - |
| 2 | 30.05 | 9015 | 9.26 | 2778 | 59.16 | 2718.84 | 46.95 |
| 3 | 26.29 | 7887 | 5.50 | 1650 | 324.16 | 1325.84 | 5.09 |
| 4 | 28.06 | 8418 | 7.27 | 2181 | 215.44 | 1965.56 | 10.10 |
| 5 | 30.32 | 9096 | 9.53 | 2859 | 278.72 | 2580.28 | 10.30 |
| 6 | 27.85 | 8355 | 7.06 | 2118 | 116.59 | 2001.41 | 18.20 |
| 7 | 23.98 | 7194 | 3.19 | 957 | 324.42 | 632.58 | 2.95 |
| 8 | 32.18 | 9654 | 11.39 | 3417 | 260.94 | 3156.06 | 13.10 |
| 9 | 35.35 | 10665 | 14.56 | 4368 | 427.82 | 3940.18 | 10.20 |
| 10 | 39.82 | 11946 | 19.03 | 5709 | 405.32 | 5303.68 | 14.10 |

Tabla VII. Análisis económico de los resultados. Experimento 2

| Campaña | Tratamiento | Rendimiento comercial >30mm (t.ha ⁻¹) | Aumento del rendimiento (t.ha ⁻¹) | Costo del fertilizante (\$.ha ⁻¹) | Beneficio neto (\$.ha ⁻¹) | Relación beneficio/costo | |
|---------|---------------------------------|---|---|--|--|--------------------------|-------|
| Primera | Testigo absoluto | 26.59 | - | - | - | - | |
| | Fórmula producción | 40.14 | 13.55 | 5365.80 | 323.85 | 5041.95 | 15.56 |
| | Tratamiento investigación (SQM) | 41.24 | 14.65 | 5801.40 | 405.32 | 5396.08 | 13.31 |
| Segunda | Testigo absoluto | 24.03 | - | - | - | - | |
| | Fórmula producción | 38.69 | 12.66 | 5013.36 | 395.85 | 4617.51 | 11.66 |
| | Tratamiento investigación (SQM) | 41.15 | 17.12 | 6779.52 | 405.32 | 6374.20 | 15.72 |

Tabla VIII. Análisis económico de la extensión

| Tratamiento | Rendimiento comercial >30mm (t.ha ⁻¹) | Valor del rendimiento (\$.ha ⁻¹) | Costo del fertilizante (\$.ha ⁻¹) | Beneficio neto (\$.ha ⁻¹) | Relación beneficio/costo |
|---------------------------------|---|---|--|--|--------------------------|
| Fórmula producción | 32.04 | 12687.84 | 378.114 | 12309.70 | 32.5 |
| Tratamiento investigación (SQM) | 34.33 | 13590.72 | 405.32 | 13185.4 | 32.5 |

beneficio neto fue 875.7 \$.ha⁻¹ superior al tratamiento donde se aplicó la fórmula de producción, confirmándose de esta forma los resultados anteriormente obtenidos en la investigación.

De forma general, el uso de esta combinación de fórmulas (14-20-20 + 15-0-14) en condiciones de producción coadyuvó a la obtención de mayores rendimientos por área (34.33 t.ha⁻¹), un uso más eficiente de los fertilizantes aplicados, mejora de la fertilidad química del suelo, con la consiguiente repercusión en el orden económico, ecológico y social, así como el mejor comportamiento observado en las variantes con Nitratos Chilenos se pudo deber a la interacción de una serie de factores que finalmente se complementaron, tales como:

- ⇒ aporte de dosis más elevadas de nitrógeno (205 kg.ha⁻¹), las que garantizaron las grandes necesidades de las plantas para obtener altas producciones (42.4 t.ha⁻¹)
- ⇒ aporte de nutrientes como S, Mg y Bo, que pudieron ser elementos limitantes de los rendimientos en estos suelos con bajos contenidos de materia orgánica
- ⇒ la alta solubilidad, asimilación y eficiencia de los nutrientes que componen las fórmulas, principalmente N y K, debido a:
 - ♦ altos porcentajes de N-nitrato (sobre todo en la aplicación inicial)
 - ♦ aporte de fuente de K soluble (KNO₃)

- ♦ fraccionamiento de N y K en dos momentos (>eficiencia)
- ♦ aplicación del 100 % de P en siembra
- ♦ aporte balanceado de los nutrientes acorde con los rendimientos esperados
- ♦ la no presencia del ión cloro en las fórmulas.

REFERENCIAS

1. Deroncele, R. /et al./ La fertilización mineral de la papa en Cuba. Situación actual y perspectiva. En: Taller Nacional de Producción de Papas en los Trópicos. Compendio de exposiciones (3:1999 jun. 29-30:La Habana), 1999.
2. Humadi, F. M. y Mahmud, S. A. Effect of levels of nitrogen fertilizer and cycocel spraying on yield its quality and stability of potato (*Solanum tuberosum* L.). IPA. *Journal of Agricultural Research*, 1993, vol. 3, no. 2, p. 172-189.
3. Orellana R.; Valdés, Magalys; Hernández, O. y Quintero, P. L. Consecuencias de la aplicación excesiva de fertilizantes minerales en el estado físico de los suelos. En: Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica (2:1995 mayo. 17-19, La Habana), 1995.
4. SQM. México. Nitratos Chilenos. Principios de nutrición vegetal aplicados a la producción de cultivos. México, 1999. 12 p.
5. Cuba. Minagri. CIDA. Instructivo técnico para el cultivo de la papa. La Habana:CIDA, 1978.
6. FAO. Los fertilizantes y su empleo. Guía de bolsillo para extensionistas. Roma : FAO, 1980. 54 p.

7. GBM. Papa (*Solanum tuberosum*). México, 2000. 16 p.
8. Dede, O. Effect of diferent forms and rates of nitrogen fertilizers on some agronomic and technologic characters of potato (*Solanum tuberosum* L.) in var (Ercis) ecological conditions. Var (Tunkey). Yuzuncu. Yil University. 1997. 90 p.
9. Caraspi, H. /et al./ Niveles de fertilidad de los suelos en zonas productoras de papa en el estado Trujillo, Venezuela. En: Reunión de la Asociación Latinoamericana de la papa. Compendio de exposiciones (18:1998 feb. 9-13:Cochabamba), 1998. Bolivia.
10. Pérez, B. /et al./ Caracterización de cuatro variedades de papa para su utilización en la elaboración de papas fritas en forma de hojuelas/chips. En: Taller Nacional de papa (3:1999 mar. 29-30:La Habana), 1999.
11. Dahienburg A.; Maier, N. y Williams, C. Effect of nitrogen on size, specific gravity, crisp colour and reducing sugar concentration of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) cv. Kennebec. [Consultado 19 de junio]. Disponible en: <<http://www.sardi.sa.gov.au/hort/nutritio/dahls2htm>>.
12. Venegas, C. Nutrición vegetal aplicada a la producción de papa para obtener altos rendimientos y buena calidad. Énfasis en potasio. En: Seminario Internacional de la papa (2:2001 jul. 18-21:Chihuahua), 2001.

Recibido: 10 de julio del 2002

Aceptado: 6 de noviembre del 2002

DIPLOMADOS

Precio: 500 USD

Tratamiento poscosecha de productos agrícolas

Coordinador: Dra.C. Inés Reynaldo Escobar

Duración: 1 año

SOLICITAR INFORMACIÓN

Dr.C. Walfredo Torres de la Noval
Dirección de Educación, Servicios Informativos
y Relaciones Públicas
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)
Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,
La Habana, Cuba. CP 32700
Telef: (53) (64) 6-3773
Fax: (53) (64) 6-3867
E.mail: posgrado@inca.edu.cu