

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

**Respuesta del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.)
a la combinación del fertilizante ecológico HerbaGreen
con fertilizante químico**

**Response of potato's cultivation (*Solanum tuberosum* L.) to the
combination of the ecological fertilizer HerbaGreen with chemical
fertilizer**

Enildo Osmani Abreu Cruz¹, Gerardo González Oramas¹, Ramón Liriano González¹,
Juan Israel Veliz Alonso¹, Peter Ost² y Zuleica Monzón Cepero³

¹ Universidad de Matanzas. Sede "Camilo Cienfuegos" Autopista a Varadero km 3 ½, Matanzas, Cuba. CP 44740

² Oekomineral Deutschland AG. Ulmer Straße 160 b, Augsburg, Alemania. CP 86 153

³ Empresa de Cultivos Varios "Vladimir Ilich Lenin", Finca "La Condesa", Carretera Isabel – Jovellanos. Jovellanos, Matanzas, Cuba. CP 42600

E-mail: enildo.abreu@umcc.cu

RESUMEN

Se evaluó el uso del fertilizante ecológico foliar HerbaGreen en el cultivo de la papa, variedad Ajiba, combinado con diferentes niveles fertilización química (NPK). La investigación se realizó en la UBPC "La Rosita", correspondiente a la Empresa de Cultivos Varios "Vladimir Ilich Lenin", del municipio de Jovellanos, provincia Matanzas. Se establecieron cuatro tratamientos (25, 50, 75 y 100 % de la dosis de NPK más la aplicación del producto HerbaGreen a una dosis de 1 kg ha⁻¹ en 200 L de agua, además del control (100 % de NPK sin el fertilizante ecológico) e hicieron tres aplicaciones durante el ciclo biológico del cultivo. En las hojas, tallos y raíz, se determinó la concentración de almidón, carbohidratos y proteínas solubles totales, así como la concentración de almidón en tubérculos, el rendimiento y sus componentes. El empleo del HerbaGreen permitió reducir las cantidades de fertilizante químico en el cultivo de la papa. El tratamiento del 100 % de NPK más el producto HerbaGreen manifestó rendimientos significativamente superiores a los demás tratamientos.

Palabras clave: fertilización química, HerbaGreen, papa

ABSTRACT

The use of the ecological fertilizer foliar HerbaGreen in the cultivation of potato, Ajiba variety, combined with different levels of chemical fertilization (NPK) was evaluated. The research was carried out at UBPC "La Rosita", corresponding to the "Vladimir Ilich Lenin" Crop Company, in the municipality of Jovellanos, Matanzas province. Four fertilization treatments were established (25, 50, 75 and 100 % of the NPK dose) plus the application of the HerbaGreen product at a

dose of 1 kg ha⁻¹ in 200 L of water, in addition to the control (100 % NPK Without the ecological fertilizer). Three applications were made during the biological cycle of the crop. From the leaves, stems and roots, was determined the concentration of starch, carbohydrates and total soluble protein and starch concentrations in tuber yield and its components. The use of the HerbaGreen allowed reducing the amounts of chemical fertilizer in the potato crop. The treatment of 100 % of NPK plus the HerbaGreen product showed significantly higher yields than the other treatments.

Keywords: chemical fertilization, HerbaGreen, potato

INTRODUCCIÓN

El sistema actual de producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) presenta una creciente dependencia de insumos agroquímicos, con tendencia al incremento de costos, contaminación y desequilibrios en los agroecosistemas destinados a este cultivo. De igual forma, se incrementan los riesgos de impactos negativos sobre los suelos, el medioambiente, y la salud, tanto de productores como de consumidores (Figueroa, 2005).

Melgar (2004) y HERBAGREEN® (2008) informan de los éxitos alcanzados con la aplicación del producto HerbaGreen (producto con un alto contenido de calcita, microminerales y elementos orgánicos) en diferentes cultivos, y refieren que al aplicar el producto como fertilizante foliar se obtiene una mayor conversión en biomasa (10-30 %), producto agrícola (10-30 %), crecimiento acelerado (10-20 %) y consistencia de las frutas (más de un 30 %).

A pesar de los éxitos mencionados por la aplicación del producto HerbaGreen y la necesidad por acelerar el incremento de la producción agrícola, se hace necesario realizar ensayos biológicos de este producto sobre el cultivo de la papa (*S. tuberosum*), uno de los cultivos de gran importancia económica y social para el país, pues se desconoce la efectividad del mismo en las condiciones de Cuba. Debido a lo expuesto anteriormente, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la respuesta del cultivo de la papa a la utilización de HerbaGreen combinado con diferentes dosis de fertilizante químico (NPK).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la UBPC (Unidad Básica de Producción Cooperativa) “La Rosita”, perteneciente a la Empresa de Cultivos

Varios “Vladimir Ilich Lenin”, del municipio de Jovellanos, provincia Matanzas. La variedad de papa utilizada fue “Ajiba” y el experimento se desarrolló en un área de 3000 m², con parcelas de 600 m² cada una.

El diseño experimental se estableció considerando parcelas únicas para cada uno de los cinco tratamientos, incluyendo el tratamiento control (100 % de la dosis de fertilizante químico NPK, aplicada como fertilización de fondo a 1,3 t ha⁻¹ y cuatro tratamientos donde se utilizó diferentes niveles de fertilizante NPK en por ciento (25, 50, 75 y 100 %) más HerbaGreen.

Las aplicaciones de HerbaGreen (producto que contiene alto contenido de calcita, microminerales y elementos orgánicos) se realizaron de manera foliar a los tratamientos en estudio durante tres momentos diferentes: a los 40 días después de la plantación y posteriormente, cada 15 días a partir de la primera aplicación, a una dosis de 1 kg ha⁻¹ en 200 L de agua.

El tipo de suelo sobre el cual se desarrolló el experimento fue Ferralítico Rojo, con un laboreo basado en el sistema tradicional (doble inversión del prisma). El riego para el cultivo, con una norma parcial bruta de 420 m³ ha⁻¹, fue a través del sistema Fregat.

Para la evaluación se midieron indicadores fisiológicos, bioquímicos y del rendimiento. En tres momentos diferentes del ciclo biológico (antes y posterior a la aplicación del HerbaGreen) se evaluaron en nueve plantas por parcela los siguientes indicadores: masa fresca total, masa seca total, contenido de almidón según lo recomendado por Rodes y Collazo (2006). Además, se tasaron los carbohidratos solubles totales (según el método del fenol-ácido sulfúrico propuesto por Dubois *et al.*, 1956) y proteínas solubles totales, determinadas colorimétricamente a través del método descrito por Lowry *et al.* (1951); estos análisis se realizaron en hojas, tallo, raíces y

tubérculos. Como variables del rendimiento se midieron la cantidad de tubérculo por tallo y el peso promedio de los tubérculos en el área experimental (kg).

Los datos fueron procesados a través del paquete estadístico Statgraphics plus 5.1 sobre WINDOWS. En la ejecución de las pruebas estadísticas se utilizó el intervalo de confianza de las medias y la prueba Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 refleja el comportamiento de la masa fresca y la masa seca por planta de hojas, tallos y raíces, en los diferentes tratamientos, antes de la primera aplicación de HerbaGreen. Evidentemente, como se puede observar, los resultados muestran que el desarrollo del cultivo fue menos favorecido en los tratamientos donde

se aplicó solamente el 25 % y el 50 % de NPK, como fertilización de fondo.

Según los resultados obtenidos, los valores mostrados para los tratamientos con el 25 y el 50 % de la dosis de fertilizante químico en ambos indicadores, son significativamente inferiores que los logrados con 75 y 100 % del fertilizante químico, no existiendo diferencias entre estos últimos hasta el momento de muestreo.

Igualmente, se evidencia que el cultivo de la papa (*S. tuberosum*) para las condiciones de la Empresa de Cultivos Varios “Vladimir Ilich Lenin” (suelos ferralíticos sometidos a un sistema intensivo de explotación agrícola por más de 30 años), responde de forma significativamente favorable cuando es tratado con fertilización química NPK, de acuerdo con el sistema tecnológico establecido (MINAG, 2010).

Un comportamiento similar al observado en las

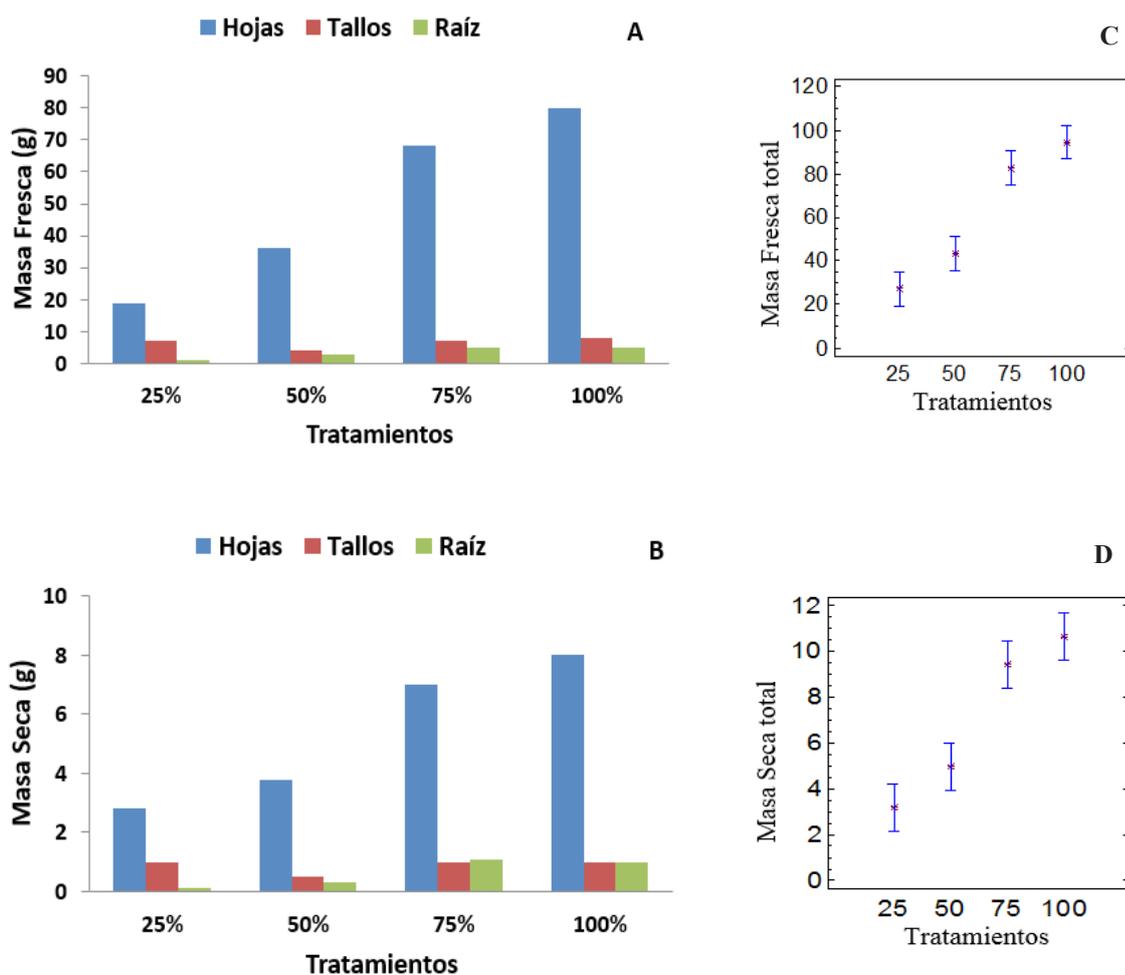


Figura 1. Masa fresca y masa seca de las hojas, tallos y raíces de las plantas, antes de la 1ª aplicación de HerbaGreen *Cada valor representa la media para n = 9. Los gráficos C y D representan los intervalos de confianza de la media con un 95 % de confiabilidad. C (masa fresca total en gramos) y D (masa seca total en gramos). Intervalos que se solapan no difieren significativamente.

masas fresca y seca se puede apreciar al evaluar el contenido de almidón, carbohidratos y proteínas solubles totales, en hojas, tallos y raíces, antes de la primera aplicación del HerbaGreen (Figuras 2, 3, 4).

Los resultados reflejan un decrecimiento significativo de los indicadores almidón y carbohidratos, en el tratamiento donde fue aplicado el 25 % de la fertilización NPK,

al compararlo con el tratamiento 100 % del fertilizante químico. La variante 75 % de NPK muestra valores similares al tratamiento 100 % de NPK que refleja los valores más elevados, como fue la tendencia presentada al comparar los tratamientos desde el 25 % al 100 %; aunque no fue una respuesta uniforme en todos los órganos de la planta evaluados, como se puede observar con el contenido de almidón en tallo

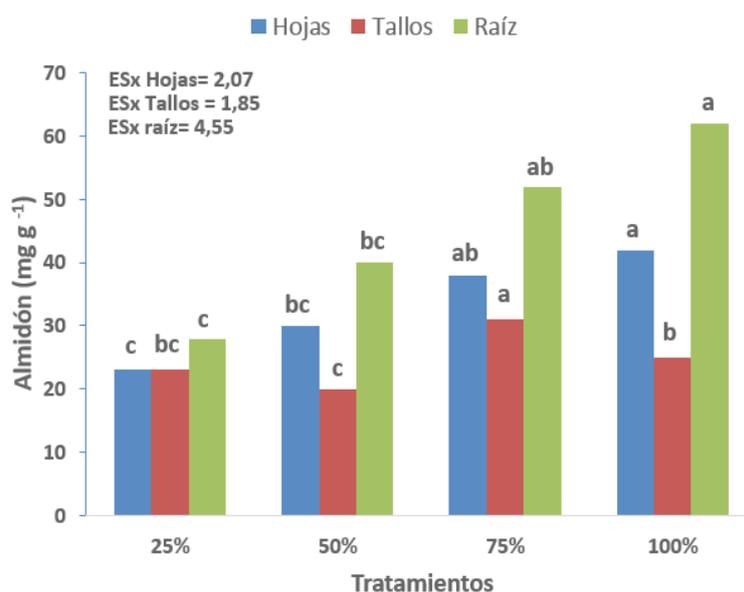


Figura 2. Contenido de almidón en hoja, tallos y raíz de las plantas antes de la 1^{ra} aplicación de HerbaGreen

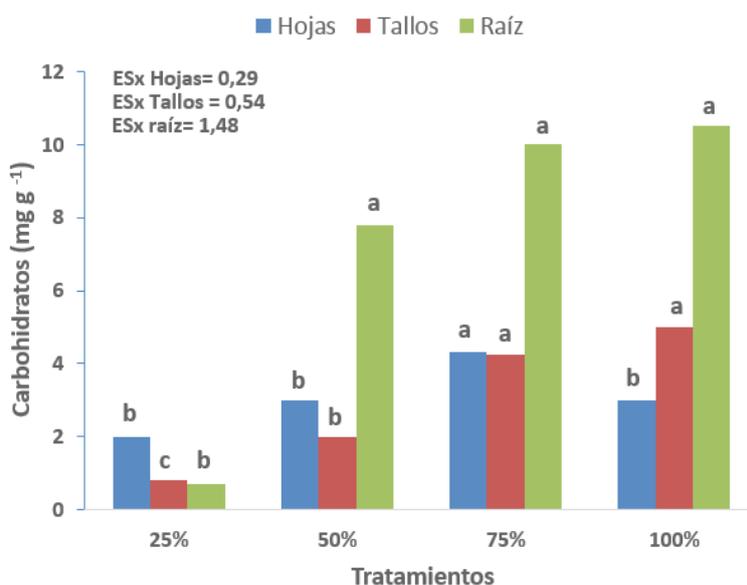


Figura 3. Contenido de carbohidratos en hoja, tallos y raíz de las plantas antes de la 1^{ra} aplicación de HerbaGreen

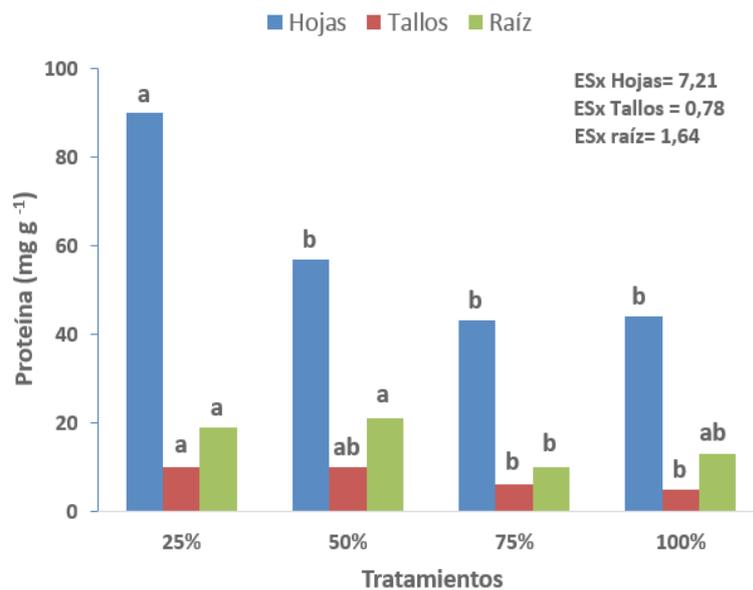


Figura 4. Proteínas solubles en hojas, tallos y raíz de las plantas, antes de la 1^{ra} aplicación de HerbaGreen

y el contenido de carbohidratos en hojas donde el mayor valor fue en el tratamiento 75 % de NPK, siendo significativamente superior a los restantes.

Respecto al contenido de proteínas el análisis es diferente al mostrado para el almidón y los carbohidratos, en este indicador los tratamientos 75 y 100 % de NPK mostraron los valores más bajos, manifestando diferencias significativas al compararlos con el de 25 %, excepto para la raíz donde solamente el 75 % poseyó un valor significativamente más bajo que 25. De manera general, el resultado obtenido puede explicarse por el hecho de que las plantas con 25 % de NPK acumularon menor cantidad de biomasa, lo que puede estar asociado a las condiciones bajo las que crecieron las plantas del tratamiento. Por eso no expresan plenamente su potencial biológico en la síntesis de nuevos compuestos y formación de estructuras, como consecuencia a una menor disponibilidad de nitrógeno en el suelo, lo que también tiene efecto, aunque menos acentuado, en el tratamiento 50 % de NPK. Los tratamientos con 75 y 100 % de NPK al acumular mayor biomasa, evidentemente tienen mayor eficiencia en la síntesis de nuevos compuestos, por lo que, aunque el índice de proteínas solubles totales por unidad sea inferior, no obstante, el contenido total de proteínas es mayor.

De manera general, para todos los indicadores evaluados, los resultados mostrados son lógicos

bajo las condiciones a la que se expone el cultivo en cada tratamiento referente a la fertilización de NPK, lo que se justifica a partir de los principios fisiológicos básicos asociados al crecimiento y desarrollo de las plantas como los aspectos expuestos por diferentes autores. Las plantas producen azúcares y aminoácidos a partir de los compuestos resultantes de la fotosíntesis y la producción de masa seca total es un resultado de la eficiencia del follaje del cultivo en la intercepción y utilización de la radiación solar disponible durante el ciclo de crecimiento (Santos *et al.*, 2010). Sin embargo, esta eficiencia puede ser influenciada por la radiación solar, la habilidad de las hojas para fotosintetizar, el índice de área foliar, la arquitectura de la planta y la respiración, entre otras causas, lo que se resume en factores internos de crecimiento relacionados con el genotipo y factores externos relacionados con el ambiente y las prácticas de manejo utilizadas durante el ciclo del cultivo.

Según Herrera y Moreno (2005) la papa es un cultivo que requiere asimilar grandes cantidades de nutrientes en un breve período de tiempo pues su sistema radical es fibroso, ramificado, poco desarrollado y superficial, lo que limita la intercepción radical de los nutrientes. Al ser un cultivo de ciclo corto, los altos rendimientos están a favor de una mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo, lo cual se logra con la elevación general del nivel tecnológico en el cultivo. Estos

mismos autores refieren que el rendimiento del cultivo depende en gran medida de la formación de un follaje capaz de aprovechar intensa y eficientemente la radiación solar, al mismo tiempo que los metabolitos formados favorezca la acumulación de las reservas en el tubérculo y no en el crecimiento excesivo del follaje.

La Figura 5, 6 y 7 muestran los contenidos de almidón, carbohidratos y proteínas solubles totales en hojas, tallos y raíces, de los diferentes tratamientos (25, 50, 75 y 100 % de la dosis de NPK), después de la 2^{da} aplicación del producto (55 días) comparados con el tratamiento control. El comportamiento de estos indicadores en

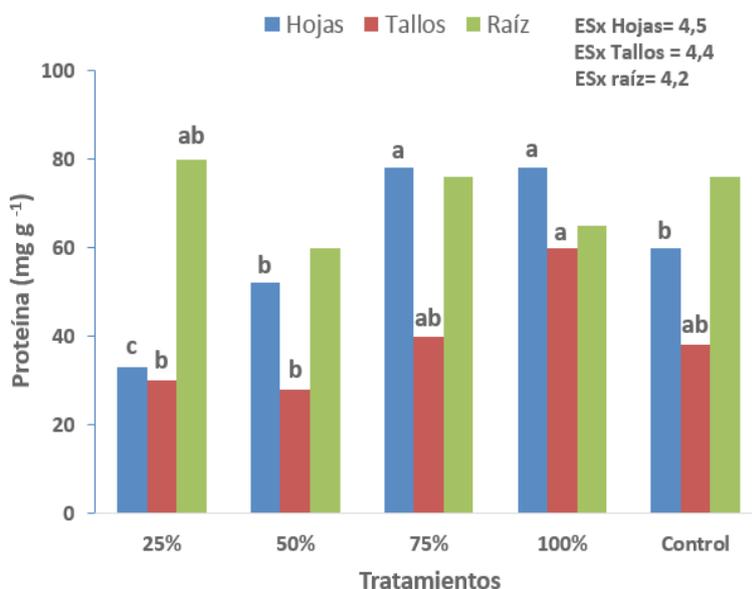


Figura 5. Contenido de almidón en hoja, tallo y raíz, después de la 2^{da} aplicación de HerbaGreen
*Cada valor representa la media para n = 9

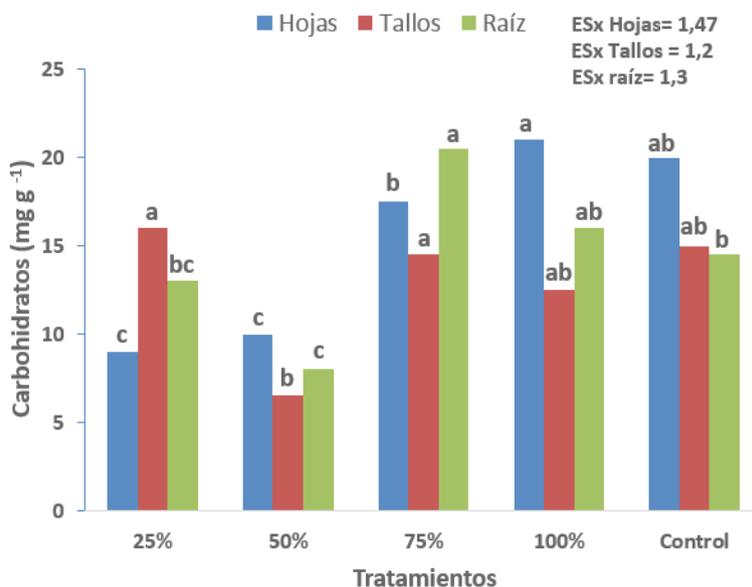


Figura 6. Contenido de carbohidrato en hoja, tallo y raíz, después de la 2^{da} aplicación de HerbaGreen
*Cada valor representa la media para n = 9

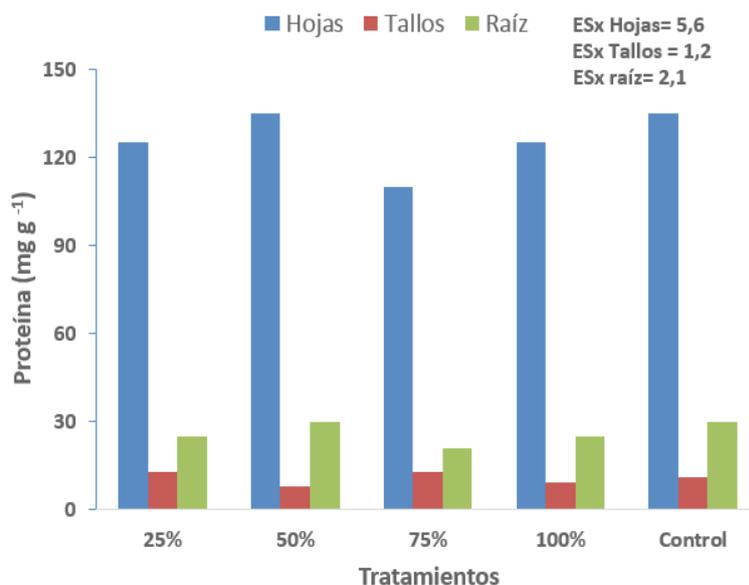


Figura 7. Proteínas solubles totales en hoja, tallo y raíz, después de la 2^{da} aplicación de HerbaGreen
*Cada valor representa la media para n = 9

los distintos órganos de la planta evidencia un estímulo en la productividad biológica del cultivo después de la aplicación del fertilizante foliar HerbaGreen. De manera absoluta en el contenido de almidón y carbohidratos, los tratamientos con 75 y 100 % de fertilización NPK muestran valores similares al control. No obstante, para el almidón, los valores son significativamente superiores al control en el contenido en hojas, sin embargo, el contenido de carbohidratos es similar, pero significativamente inferior al tratamiento 100 % de NPK. El tratamiento 50 % de NPK tuvo similar resultado al control en el contenido de almidón, pero en la raíz no existieron diferencias entre los tratamientos.

De manera general para los indicadores mencionados, los tratamientos 25 y 50 % de NPK presentaron en uno u otro órgano, diferencias respecto a 75 y 100 % del fertilizante químico. Sin embargo, al analizar el contenido de proteínas no existieron diferencias significativas entre ninguno de las variantes utilizadas en los experimentos.

El contenido de almidón en los tubérculos después de la 2^{da} aplicación del producto (HerbaGreen) no mostró diferencias significativas entre los tratamientos, lo que confirma una respuesta positiva del cultivo referente a la producción de biomasa cuando se parte de los asimilados producidos por un balance positivo

en la actividad fotosintética (Figura 8).

Los azúcares se consideran sustancias muy esenciales para el crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas al constituir la materia prima para la síntesis de compuestos importantes como la pared celular y representar la fuente principal de energía metabólica para la realización de todos los procesos biológicos. En la papa, el almidón constituye el componente químico mayoritario de la materia seca (Lorenzo, 1994; Santos *et al.*, 2010).

La producción de asimilados por las hojas (fuente) y el punto hasta el cual pueden ser acumulados por los órganos que son cosechados, tiene una influencia significativa en el rendimiento del cultivo (Tekalign y Hammes, 2005). En este sentido, el estudio del patrón de distribución de masa seca entre los órganos de la planta, es importante para la evaluación de la tasa de crecimiento, la productividad y el nivel de rendimiento, lo cual fue demostrado por Nganga (1982) citado por Santos *et al.* (2010).

Después de la tercera aplicación del producto (70 días de la plantación) solamente se evaluaron dos variables del rendimiento (número de tubérculos por tallos y rendimiento en cosecha) (Figuras 9 y 10). El parámetro número de tubérculos por tallos no mostró diferencias entre los tratamientos; sin embargo, al evaluar el rendimiento en la cosecha, el tratamiento 100

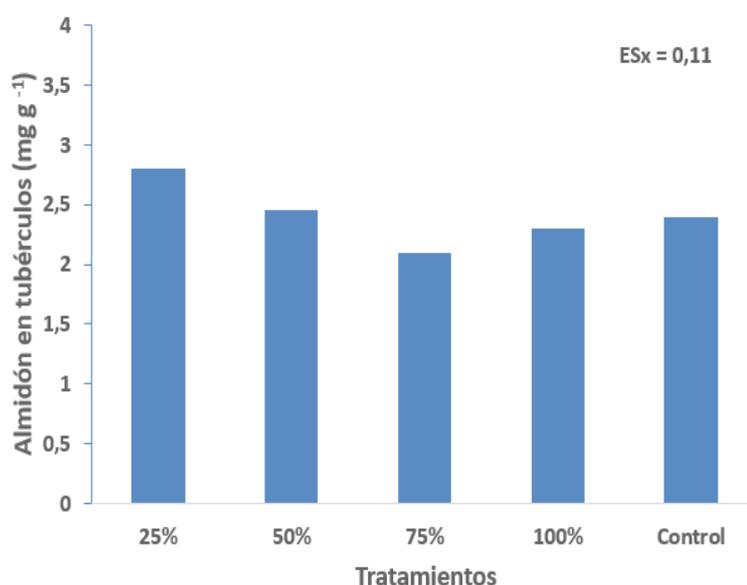


Figura 8. Contenido de almidón en los tubérculos después de la 2^{da} aplicación del producto (HerbaGreen)
Cada valor representa la media para n = 9

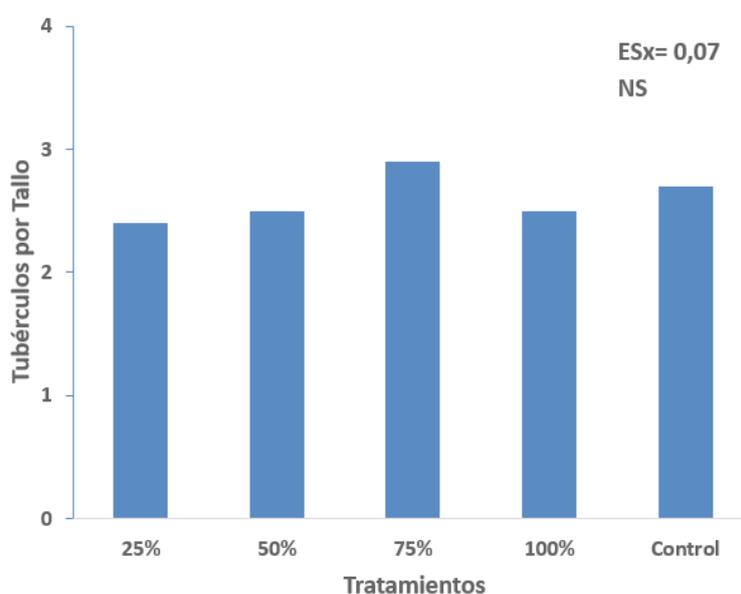


Figura 9. Cantidad promedio de tubérculo por cada tallo en el momento de cosecha
*Cada valor representa la media para n = 9

% de NPK más la aplicación del HerbaGreen alcanzó valores significativamente superiores a los tratamientos 25 y 50 % de NPK. A pesar de estos resultados, todos los tratamientos de manera general fueron similares al control. Resultados similares han sido informados por Micromineral y HerbaGreen para diferentes cultivos (HERBAGREEN®, 2008 y Megagreen

2008).

Igualmente se han alcanzado incrementos en los rendimientos de maíz, soya, trigo y papa, con aplicaciones de este producto entre tres y cuatro veces durante los ciclos biológicos de los cultivos, con una dosis entre 3 y 4 kg ha⁻¹. Específicamente, en papa se reporta que al realizar cuatro aplicaciones del producto, más el 25 % del

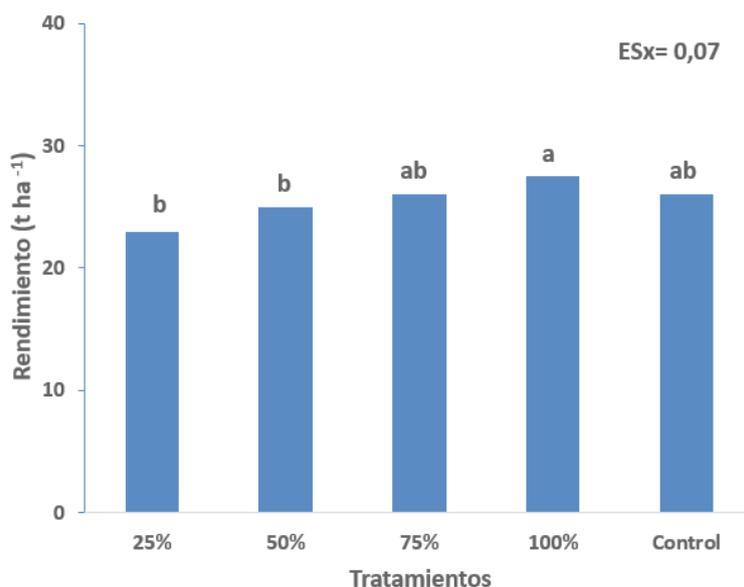


Figura 10. Rendimiento en la cosecha en las diferentes variantes

*Cada valor representa la media para n = 9

fertilizante químico convencional se alcanzaron rendimientos que oscilaron entre el 15 y el 20 % superior a los rendimientos obtenidos cuando solo es aplicado el 100 % del fertilizante convencional.

Como se destacó anteriormente, todas las etapas evaluadas evidencian un incremento en la eficiencia biológica del cultivo, lo que puede estar asociado a la aplicación foliar del HerbaGreen por los efectos fisiológicos que se le atribuyen a este fertilizante natural. Los rendimientos conseguidos indican que solamente con el 25 o 50 % del fertilizante químico aplicado a la papa se pueden obtener resultados superiores a las 20 t ha⁻¹, similares a los alcanzados cuando se aplica el 100 % de la fertilización química convencional (MINAG 2010). Sin embargo, con 100 % de NPK más HerbaGreen el incremento del rendimiento es superior, cuando se compara con las otras variantes, pero no difiere del control. Empero, Herrera y Moreno (2005) opinan que la aplicación de elevadas dosis de nutrientes para disminuir el efecto negativo de factores no nutricionales puede ayudar a que disminuya la caída de los rendimientos, pero no contribuye a la eliminación del problema. Según Kupers (1985) citado por Herrera y Moreno (2005), es más caro usar fertilizante como paliativo que enfrentar el problema real. A lo anterior referido se une la existencia de la ley del equilibrio de los nutrientes, ya que el exceso de un nutriente afecta

la asimilación de otros y con ellos, el desarrollo y la producción de los cultivos.

Estos autores también expresan que no es correcto extrapolar dosis de fertilizantes entre regiones porque son múltiples los factores a tener en cuenta, pues influyen en la definición de un programa de fertilización nitrogenada, y no existen recetas universales.

Correspondiente a este análisis, diferentes autores han informado sobre los resultados satisfactorios obtenidos en la producción de papa con la utilización de métodos alternativos a base de sistemas orgánicos, integrados, de bajos insumos, con elementos organominerales. En este sentido, Almeida (2004) y Figueroa (2005) obtuvieron rendimientos superiores a 21 t ha⁻¹ cuando utilizaron sistemas orgánicos de producción y sobrepasaron las 30 t ha⁻¹ al aplicar sistemas de bajos insumos.

CONCLUSIONES

1. El HerbaGreen permite reducir las cantidades de fertilizantes químicos en el cultivo de la papa.
2. Las plantas del tratamiento 100 % de NPK más HerbaGreen manifiestan rendimientos similares a las de los tratamientos 75 % de NPK más HerbaGreen y el tratamiento control, pero los rendimientos son significativamente superiores a

los tratamientos donde solo fue aplicado el 25 y el 50 % de la fertilización química convencional.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMEIDA, M. Un enfoque ambiental para el cultivo de la papa. Tesis en opción al título de Master en Medioambiente. Universidad de Matanzas. Matanzas, Cuba. 2004, 89 p.
- HERBAGREEN®. Fertilizante Natural Foliar. 2008. En sitio web: <http://www.actingHerbaGreen.com> (Consulta: 21 de enero de 2015).
- DUBOIS, M.K., PILLES, A., HAMILTON, J.K., REBERS, P.A. y SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal. Chem*, (28): 350-356. 1956.
- FIGUEROA, M. A. Sistemas Alternativos para la producción de papa sobre bases agroecológicas. Tesis en opción al título de Master en Agroecología. Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba. 2005, 78 p.
- HERRERA, J. A. y MORENO, V. Nutrición y fertilización de la papa. En: Estévez, A. El cultivo de la papa en Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba. 2005: 17-24.
- LORENZO, P. Caracterización de los componentes químicos fundamentales relacionados con la calidad de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 15 (1): 66-68, 1994.
- LOWRY, O.H., ROSEBROUGH, N.J., FARR, A.L. y RANDALL, R. Protein measurement with the folic phenol reagent. *J Biol Chem*, 193: 265-275. 1951.
- MEGAGREEN. Una solución ecológica para la agricultura. Plantas fuertes, fertilidad, estímulo de las defensas naturales. MEGAGREEN. 2008, 16 p.
- MELGAR, R. 2004. Actual and Potential Use of Micronutrient Fertilizers in Argentina. 2004. IFA International Symposium on Micronutrients. New Delhi, India. 23-25 February, 2004.
- MINAG. Instructivo Técnico del cultivo de la papa. Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba. 2010.
- RODES, R. y COLLAZO, M. Manual de prácticas de fotosíntesis. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México, México p. 81-90. 2006. ISBN: 9789703233137.
- SANTOS, M., SEGURA, M. y ÑÚSTEZ, C.E. Análisis de Crecimiento y Relación Fuente-Demanda de Cuatro Variedades de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Municipio de Zipaquirá, Cundinamarca, Colombia. *Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 63 (1): 5253-5266. 2010.
- TEKALIGN, T. y HAMMES, P.S. Growth and productivity of potato as influenced by cultivars and reproductive growth. II. Growth analysis, tuber yield and quality. *Sci. Hort.*, 105: 29 - 44. 2005.

Recibido el 9 de mayo de 2015 y aceptado el 23 de octubre de 2016