

ARTICULOS GENERALES

Reducción de la fertilización nitrogenada en papa: menor incidencia de enfermedades, limitación de la contaminación ambiental y mayor rendimiento

Reduction of the fertilization nitrogenada in potato: smaller incidence of illnesses, limitation of the contamination environmental and bigger yield

Onelio Fundora¹, Deivys Llanes¹, Bettina Eichler-Löbermann², Iliá Lugo¹, Liuman Mena¹, Alfredo Pérez¹.

1. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

2. Institut für Landnutzung, Universität Rostock, Alemania.

E-mail: ofundora@uclv.edu.cu , bettina.eichler@uni-rostock.de

RESUMEN. En el cultivo de la papa en Cuba se aplican elevadas dosis de nitrógeno respecto a sus rendimientos promedio. Con el objetivo de determinar en condiciones edafoclimáticas representativas las dosis óptimas para este cultivo y si las actualmente recomendadas inciden negativamente en el rendimiento, por favorecer enfermedades, se llevaron a cabo tres experimentos en condiciones de producción en dos suelos de la provincia de Villa Clara, Cuba (ferralítico rojo típico y ferralítico marillento lixiviado arénico). Se tomaron como testigos las dosis de nitrógeno aplicadas usualmente (220-230 kg ha⁻¹) y se probaron dosis menores (160-180-200 kg ha⁻¹ en el primer experimento; 115-150-185 kg ha⁻¹ en el segundo y 140-170-200 kg ha⁻¹ en el tercero). El nitrógeno se aplicó a razón de 80 kg ha⁻¹ como fórmula 9-13-17 en plantación y el resto a los 30 días, en base a fórmula más urea. Las variedades utilizadas fueron Chieftain, Romano y Red Scarlet. Cada tratamiento constó de 4 parcelas (réplicas) de 4 surcos de 340 m de largo, distribuidas al azar. Los resultados mostraron que las dosis de nitrógeno actualmente recomendadas en Cuba son excesivas aún para rendimientos altos para el país (30t ha⁻¹), ya que a partir de una determinada dosis, relativamente baja, la aplicación creciente del nutrimento disminuye el rendimiento, lo cual está asociado al aumento de enfermedades como *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani* y *Erwinia* spp. (=Pectobacterium). Se recomienda aplicar dosis de acuerdo a los rendimientos esperados, las cuales nunca deben sobrepasar los 180 kg ha⁻¹ para rendimientos de hasta 30 t ha⁻¹.

Palabras clave: *Alternaria solani*, *Erwinia* spp. (=Pectobacterium), fertilización nitrogenada, medio ambiente, *Phytophthora infestans*, *Solanum tuberosum*.

ABSTRACT. In Cuba are applied high amounts of Nitrogen on potato in relation with the average yields obtained. With the aim of define in representative soil-clime conditions the best amounts of Nitrogen for that crop and to prove if the actually recommended amounts decrease the yield because of favouring diseases, three trials were carried out under production conditions in two soils in the province of Villa Clara, Cuba (Typical Red Ferralitic soil and Arenic Lixivated Yellowish Ferralitic soil). As control was used the Nitrogen amounts usually applied (220-230 kg ha⁻¹) and lower amounts were tested (160-180-200 kg ha⁻¹ in the first trial; 115-150-185 kg ha⁻¹ in the second and 140-170-200 kg ha⁻¹ in the third one). The Nitrogen was applied at a rate of 80 kg ha⁻¹ as the formula 9 - 13 - 17 at plantation and the remainder amount, 30 days later, as formula plus urea. The potato sorts utilized were Chieftain, Romano and Red Scarlet. Each treatment consisted of 4 plots at random with 4 furrows of 340m long. The results showed that the N amounts usually applied under production conditions in Cuba are excessive even for high tuber yields for the country (30t ha⁻¹), so that starting with relatively low amounts, the increasing application of the nutrient decrease the yield; that is associated to an increase of plant diseases such as *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani* and *Erwinia* spp. Application of amounts according to the expected yields are recommended; those amounts do not shall surpass 180 kg ha⁻¹ for yields until 30 tha⁻¹.

Key words: *Alternaria solani*, *Erwinia* spp.(=Pectobacterium), nitrogen fertilization, environment, *Phytophthora infestans*, *Solanum tuberosum*.

INTRODUCCIÓN

En Cuba y en el resto de América Latina es frecuente la aplicación de elevadas dosis de fertilizantes nitrogenados al cultivo de la papa sin

tener en cuenta el suelo, el clima y otros factores que influyen en el rendimiento del cultivo y por lo tanto, la dosis óptima de este nutrimento (Fundora

y Yepis, 2000; Arismendi, 2002, Quinatoa, 2006). Esas elevadas dosis de nitrógeno pueden retrasar la tuberización, además de favorecer la incidencia de plagas y enfermedades, entre otros problemas medioambientales que incluyen, no sólo las aguas subterráneas, sino también las superficiales, además del suelo y la atmósfera. (Mosier, 2001; Martínez *et al.*, 2007)

Existen preocupaciones de orden medioambiental a causa de antecedentes de contaminación por nitrato de las aguas subterráneas en empresas de Villa Clara pertenecientes a áreas paperas. (Fundora y Yepis, 2000)

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevaron a cabo tres experimentos: dos en la Empresa Cultivos Varios Manacas, y otro en la Empresa Cultivos Varios Cascajal (cosechas entre los años 2006 y 2009), municipio de Santo Domingo, Villa Clara. El suelo en la primera empresa es ferralítico amarillento lixiviado arénico (FALA) y en la segunda Ferralítico rojo típico (FRT) (Hernández y *col.*, 1999), cuyos análisis químicos se presentan a continuación:

	pH		
(KCl) M. Org.%	P ₂ O ₅ (mg 100g suelo)	K ₂ O	(mg 100 g suelo)
Experimento 1: (Suelo FALA)	5,7	1,3	23,4
	18,8		
Experimento 2: (Suelo FRT)	7,2	2,4	8,4
	6,2		
Experimento 3: (Suelo FALA)	7,2	1,3	20,1
	6,3		

Es conocida la influencia que los excesos de nitrógeno o los desequilibrios de este nutrimento respecto a otros como potasio pueden tener sobre la incidencia de enfermedades en la planta, incluyendo, por supuesto, el cultivo de la papa (Yamada, 2005); no obstante, no se ha demostrado en el país que las dosis actualmente recomendadas para este cultivo puedan favorecer enfermedades, con las obvias implicaciones sobre el rendimiento. El objetivo de este trabajo fue determinar en condiciones edafoclimáticas representativas dosis de nitrógeno adecuadas para este cultivo y si las actualmente recomendadas inciden negativamente en el rendimiento por favorecer enfermedades.

En la tabla 1 se muestra el total de tratamientos utilizados en los experimentos. Se partió de la dosis de nitrógeno que el MINAGRI recomienda nacionalmente (tratamiento 4), estableciendo dosis menores para su estudio. En el experimento 2 se investigaron dosis menores que en los otros dos, ya que al haber mayor contenido de materia orgánica la necesidad del fertilizante podía ser menor. Se utilizaron fondos PK que deben cubrir las necesidades de esos macronutrientes en cada caso. Ellos correspondieron a lo aplicado por cada una de las empresas implicadas en las áreas donde se realizaron las investigaciones.

Tabla 1. Dosis NPK (kg N investigadas, kg P₂O₅ y kg K₂O ha⁻¹ de fondo)

	Experimento 1	Experimento 2	Experimento 3
Tratamiento	Dosis	Dosis	Dosis
1	160-185-240	115-165-215	140-185-240
2	180-185-240	150-165-215	170-185-240
3	200-185-240	185-165-215	200-185-240
4 (testigo)	220-185-240	220-165-215	230-185-240

Como fuentes se utilizaron la fórmula 9-13-17 y urea (46 % N), el nitrógeno se aplicó a razón de 80 kg ha⁻¹ en plantación y el resto a los 30 días, en base a fórmula más urea; además se aplicaron 115 kg P₂O₅ y 150 kg K₂O ha⁻¹ en plantación y el resto, a los 30 días de plantada, ambos como fórmula completa.

Cada tratamiento, con la variedades Chieftain en el experimento 1; Romano en el 2, y Red Scarlet en el 3, ocupó un área de 16 surcos cosechables con 340 m de largo como promedio. Cada tratamiento constó de 4 parcelas (réplicas) de 4 surcos cada una distribuida al azar. La distancia de plantación utilizada fue de 0,90 m x 0,25 m.

Se halló la relación entre dosis de nitrógeno y rendimiento según diferentes modelos matemáticos, seleccionando el de mejor bondad de ajuste, dentro de aquellos que describieran lógicamente la relación probable, utilizando el *software* Curve Expert.

Los métodos utilizados para el análisis de suelo, los cuales fueron realizados en el Laboratorio Provincial de Suelos del MINAGRI, Villa Clara, fueron los siguientes:

pH en solución de KCL (1N), materia orgánica según Walkley y Black, fósforo y potasio asimilables, según Oniani: solución extractiva H₂SO₄ (0.1N), el fósforo determinado electrofotoclorimétricamente y el potasio por fotometría de llama.

Evaluación de las enfermedades

A partir de los 14 días de plantación se realizaron muestreos para evaluar la incidencia de enfermedades. Se siguió la metodología utilizada por el Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal, Villa Clara (MINAGRI, 2005). Para determinar en campo el índice de infección y la distribución de un organismo, las evaluaciones se realizaron por el método de las diagonales, muestreando puntos en las mismas. Se tomaron 5 puntos en cada diagonal y se evaluaron en cada uno 10 plantas.

% de Intensidad (% I)

$$\%I = \frac{\sum(a * b)}{N * K} * 100$$

Donde a: grado; b: cantidad de plantas afectadas en cada grado; N: total de plantas evaluadas; K: último grado de la escala.

% de Distribución (% D)

$$\% D = \frac{n}{N} * 100 \quad \text{Donde: n: total de plantas}$$

afectadas; N: total de plantas muestreadas.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se muestra cómo la menor dosis de nitrógeno investigada (160 kg ha⁻¹) produce los más altos rendimientos, es decir, los aumentos del nutrimento a partir de la misma hacen disminuir la cosecha de tubérculos, observándose el peor resultado con la mayor dosis, la aplicada usualmente, correspondiente a 220 kg ha⁻¹ en un suelo ferralítico amarillento lixiviado arénico. Esto no significa que no haya respuesta positiva a la aplicación de nitrógeno en este suelo con tan bajo contenido de materia orgánica. Existen antecedentes que demuestran respuesta a menores dosis bajo condiciones similares (Fundora y Yepis, 2000); no obstante, se observa lo inconveniente de utilizar las elevadas dosis de nitrógeno actualmente recomendadas.

En la Figura 1 también se observa cómo esas dosis crecientes de nitrógeno a partir de una aplicación de 160 kg N ha⁻¹ elevan la intensidad de *Phytophthora infestans* (a 71 días de plantación) y cómo esta aparece muy relacionada con el rendimiento. Semejante efecto se observó también entre distribución de la enfermedad y disminución del rendimiento. Durante el ciclo del cultivo existieron condiciones climáticas muy favorables a esta enfermedad, la más dañina para el cultivo en Cuba. Aunque en menor grado, las dosis crecientes de nitrógeno, a partir de la dosis mínima probada, también aumentaron tanto la incidencia como la distribución de *Alternaria solani*.

En otro suelo (ferralítico rojo) las dosis crecientes de nitrógeno también causaron disminución del rendimiento (Figura 2). Este experimento se realizó bajo otras condiciones climáticas (temperaturas relativamente elevadas). Se observó como enfermedades con mayor incidencia *Alternaria solani* y *Erwinia* spp. (= *Pectobacterium*), las cuales también fueron influidas por dosis crecientes de nitrógeno a partir, esta vez, de 115 kg ha⁻¹, tanto en cuanto a su intensidad como a su distribución.

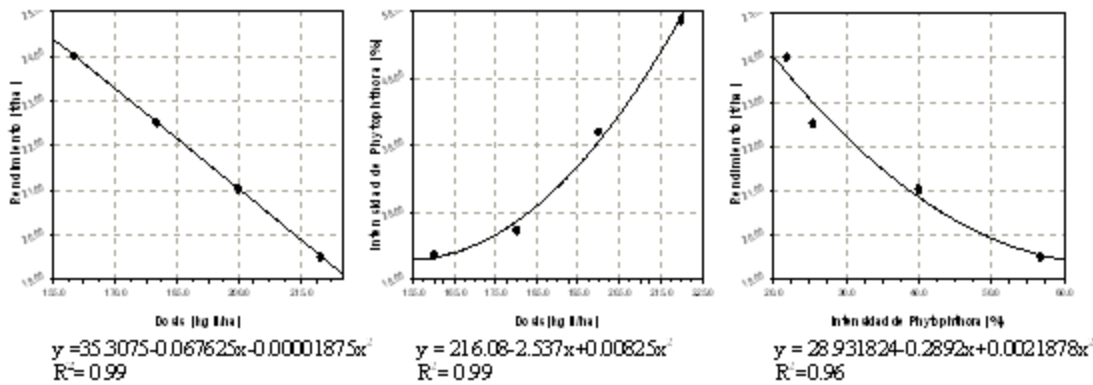


Fig. 1. Efecto de las dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de la papa y sobre la intensidad de *Phytophthora infestans* a los 71 días de plantación y de ésta sobre el rendimiento en el suelo ferralítico amarillento lixiviado

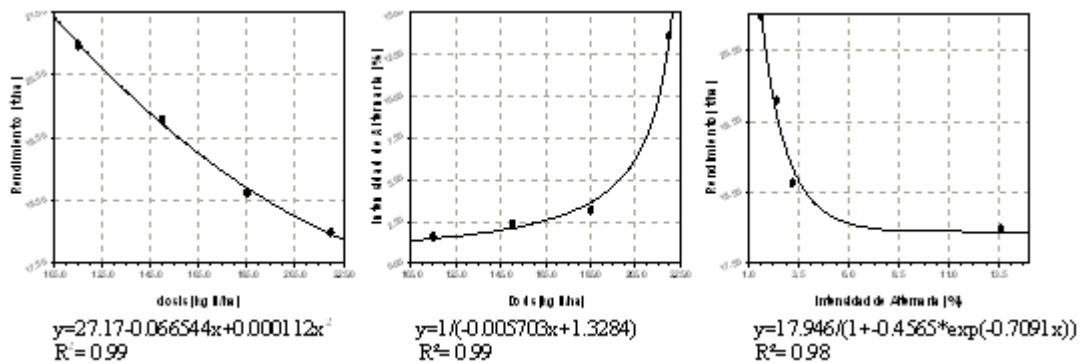


Fig. 2. Efecto de las dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de la papa y sobre intensidad de *Alternaria solani* a los 75 días de plantación, y de ésta sobre el rendimiento en el suelo ferralítico rojo típico

En la Fig. 2 se muestra la relación entre dosis crecientes de nitrógeno e intensidad de *Alternaria* en el suelo FRT, además de la existente entre la misma y el rendimiento en uno de los muestreos realizados.

En la Fig. 3 se observa la relación entre dosis crecientes de nitrógeno y distribución de *Erwinia* spp.(=*Pectobacterium*), además de la relación entre la misma y rendimiento en uno de los muestreos realizados.

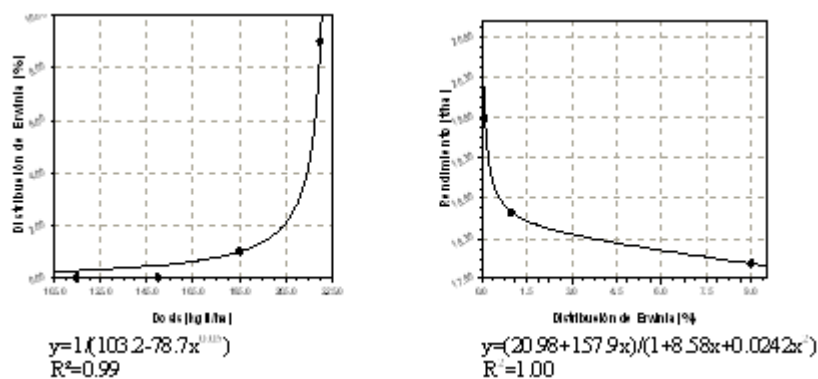


Fig. 3. Efecto de las dosis de nitrógeno sobre la distribución de *Erwinia* spp. (= *Pectobacterium* spp.) y la de ésta sobre el rendimiento a los 48 días de plantación en el suelo ferralítico rojo típico

Aunque no siempre la relación resultó tan regular como en los ejemplos expuestos, en todos los muestreos se obtuvo que a la menor dosis de nitrógeno se observó menor incidencia y distribución

de las citadas enfermedades que cuando se aplicó la dosis acostumbrada en condiciones de producción en Cuba (más de 200 kg ha⁻¹), excepto en los dos primeros muestreos de *Alternaria solani*,

enfermedad tomada para ejemplificar la citada relación, donde todavía no se había mostrado el efecto negativo del nitrógeno (Tabla 2).

Es conocido que el exceso de nitrógeno eleva la síntesis de giberelinas, provocando un desequilibrio que deriva los carbohidratos a la formación de follaje, lo cual tiene consecuencias negativas para la tuberización, además de que hace más susceptibles a las plantas respecto a plagas y enfermedades (Mayea y Castellano, 1978; Martínez *et al.*, 2007). No siempre el exceso de nitrógeno se manifiesta por una marcada influencia sobre la presencia de enfermedades, esto puede ocurrir bajo condiciones,

entre ellas climáticas, no favorables a enfermedades y con un buen control fitosanitario (Pérez Jaramillo, 2001). Así se observó en la cosecha de un experimento en condiciones de producción, bajo condiciones climáticas y de todo tipo, en general favorables al cultivo, que las dosis óptimas fueron relativamente elevadas (Fig. 4) como era de esperar para los rendimientos altos para la zona en cuestión, sin presencia apreciable de enfermedades. El efecto depresivo del nitrógeno es más marcado en años con adversas condiciones para el cultivo, tanto climáticas, como las otras correspondientes a los posibles factores limitantes.

Tabla 2. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno sobre la intensidad y distribución de *Alternaria solani*

Días de plantación	Intensidad %		Distribución (%)	
	Tratamiento 1 115 kg N ha ⁻¹	Tratamiento 4 230 kg N ha ⁻¹	Tratamiento 1 115 kg N ha ⁻¹	Tratamiento 4 230 kg N ha ⁻¹
48	0.2	0.2	1.4	1.0
55	0.2	0.2	1.0	1.0
62	0	0.4	0	4.0
70	1.2	2.0	6.0	10.0
75	1.6	13.6	8.0	34.0
83	21.2	28.4	68.0	72.0

Es decir, el mejor aprovechamiento del cultivo, por su mayor necesidad del nutrimento, hace que el exceso se muestre a dosis relativamente altas y sin haber habido afectaciones notables por enfermedades. Esta disminución de los rendimientos a partir de determinada dosis como se observa en la Figura 6 es atribuible, sobre todo, a que el exceso de nitrógeno ha ocasionado los ya explicados efectos negativos sobre la tuberización (Quinatoa, 2007), más que a daños por enfermedades.

Es necesario enfatizar el hecho de que ante iguales dosis de nitrógeno un menor rendimiento provoca un menor aprovechamiento del nitrógeno aplicado y por lo tanto un mayor daño medioambiental.

Los daños medioambientales causados por el exceso de nitrógeno comprenden el suelo, la atmósfera y tanto las aguas superficiales como subterráneas. En efecto, el exceso de nitrógeno, en parte apreciable, puede pasar al manto freático, enriqueciendo las aguas con concentraciones de

nitrato que dañan la salud al extremo de llegar a hacer tales aguas no potables si se sobrepasa determinada concentración. (España, 2003)

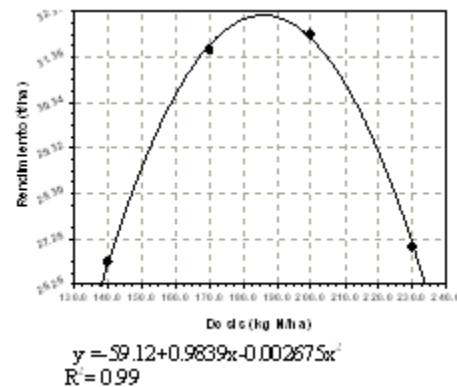


Fig. 4 Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento de la papa en un suelo ferralítico amarillo lixiviado arénico

CONCLUSIONES

1. Las dosis de nitrógeno actualmente recomendadas en Cuba resultaron excesivas aun para rendimientos altos para el país, ya que a partir de una determinada

dosis, siempre inferior a las actualmente utilizadas, la aplicación del nutrimento disminuye el rendimiento.

2. Las enfermedades *Phytophthora infestans*, *Alternaria solani* y *Erwinia* spp. (= *Pectobacterium*) fueron favorecidas por aplicaciones crecientes a partir de una dosis relativamente baja de nitrógeno en comparación con las actualmente utilizadas.

3. Se demostró una estrecha relación entre la incidencia de estas enfermedades y el rendimiento obtenido.

4. Cuando las condiciones climáticas resultaron propicias al cultivo y desfavorables a las enfermedades, estas, acompañadas de un buen control fitosanitario, apenas se mostraron aun bajo condiciones de exceso de nitrógeno.

RECOMENDACIONES

1. Nunca utilizar las elevadas dosis de nitrógeno actualmente empleadas en Cuba, sino aplicar dosis de nitrógeno que no sobrepasen los 180 kg ha⁻¹ para rendimientos de hasta 30 t ha⁻¹.

2. Calcular la dosis de nitrógeno teniendo en cuenta el contenido de materia orgánica del suelo y los rendimientos esperados de acuerdo a condiciones climáticas y edáficas, en general, y al nivel de agrotecnia, entre otros factores.

3. Precisar la dosis total inicialmente calculada en una segunda aplicación de acuerdo a las condiciones hasta el momento y a las previsibles relacionadas con el rendimiento probable del cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arismendi, L. G.: "Investigación sobre el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Oriente de Venezuela". *Revista Científica UDO Agrícola* 2(1):1-7, 2002.

2. España: *Contaminación por nitratos y su problemática ambiental*. Miliarium Aureum, S.L. Madrid (en línea), marzo de 2003. Fecha de acceso: 7 de febrero de 2004; URL disponible en: <http://www.miliarium.com/Monografias>.

3. España: Fertilización y nutrición en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) (en línea), abril de 2006. Fecha de acceso: 23 de mayo 2007, disponible en: http://sia.huara1.org/sis_uploads/

[ec6355af5fedeeef1ec61030822a9a09/Fertilización y nutrición en el cultivo de la papa_2006.ppt](http://ec6355af5fedeeef1ec61030822a9a09/Fertilización_y_nutrición_en_el_cultivo_de_la_papa_2006.ppt).

4. Fundora, O. y Olga Yepis: Ahorro de fertilizantes y prevención de la contaminación ambiental, Forum provincial de Ciencia y Técnica, Santa Clara, 21 pp., 2000.

5. Hernández, A; M. Morales; M. Ascanio y F. Morell: *Nueva Clasificación de los Suelos de Cuba*, Instituto de Suelos, La Habana, 64 pp., 1999.

6. Mayea, S. y L. Castellano: Estudio sobre pronóstico de los tizones tardío y temprano en varias zonas de la provincia de Villa Clara. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UCLV, 87 pp., 1978.

7. Martínez, O.; G. Barrios; L. Rovesti y R. Santos: *Manejo Integrado de Plagas. Manual Práctico*, Edit. Entrepueblos, España, 525 pp., 2007.

8. MINAGRI: Resumen ampliado de tecnologías de señalización y pronóstico de plagas y enfermedades. Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal, Villa Clara, 25 pp., 2005.

9. Mosier, A. R.: Fertilizer use and impact on the atmosphere. *Fertilization in the Third Millenium-Fertilizar Food Security and Environmental Protection. 12th Int. World Fertilizer Cogress*, China, Proceedings, Vol.I, pp. 44-58, 2001.

10. Perez Jaramillo, D.: Comportamiento histórico de las principales plagas y enfermedades que han incidido en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) en el Valle del Yabú, Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias. Agropecuarias, Universidad Central de Las Villas, Cuba, 103 pp., 2001.

11. Quinatoa, G.: Metodología para la recomendación de fertilizantes al cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la región andina, Trabajo de Diploma, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central de Las Villas, 45 pp., 2006.

12. Yamada, T.: Simposio sobre relações entre nutrição mineral de plantas e outros factores abióticos e a incidência de doenças de plantas. *Informações Agronómicas* 109: 8-13, 2005.

Recibido: 06/2/2009

Aceptado: 18/09/2009