

## EFFECTO RESIDUAL DE LAS APLICACIONES DE FERTILIZANTE FOSFORICO PARA 3 AÑOS EN EL CULTIVO DE LA PAPA

HERRERA, J.; ADELAIDA BALLE<sup>1</sup> e HIPOLITO PERALTA<sup>1</sup>

### RESUMEN

Se estudiaron 5 dosis de  $P_2O_5$ , aplicado como superfosfato simple sobre un suelo Ferralítico Rojo compactado (5,74 ppm de P por Oniani). Los niveles de P (0; 45; 90; 135; 225; y 450 kg/ha de  $P_2O_5$ ) se aplicaron anualmente y una vez para 3 años. Se encontró respuesta altamente significativa en los rendimientos respecto a las dosis crecientes aplicadas y se comprobó que 450 kg/ha de  $P_2O_5$  son suficiente para obtener 3 cosechas de papa y 2 de maíz con buenos rendimientos.

### INTRODUCCION

La respuesta a la papa a la aplicación de fertilizantes fosfóricos depende, en primer lugar de la fertilidad del suelo. (Rius y Liut, 1973; Tremols y Deroncelé, 1977). Ello explica que en suelos pobres en P, autores como Panamperuma (1953), Güner (1972; Guerra y col. (1982), Díaz y Delgado (1982), Castillo y col. (1982) y Del Castillo y col. (1983) reporten respuestas altamente significativas en el rendimiento de la papa con dosis entre 40 y 336 kg/ha de  $P_2O_5$ . Excepto los dos primeros autores, todos trabajaron en condiciones de suelos Ferralíticos Rojos pobres en fósforo de las Provincias de Ciego de Ávila, Camagüey y Matanzas.

<sup>1</sup> Instituto Superior Agrícola de Ciego de Ávila.

Por el contrario, Tremols (1977) y Valdés y Deroncelé (1979) no encontraron respuestas a la aplicación de fertilizantes fosfóricos en suelos Ferralíticos Rojos de la provincia de La Habana, ricos en P móviles a causa de aplicaciones sistemáticas de fertilizantes fosfóricos. Aún así, en los pocos suelos pobres en P estudiados por Tremols (1977) se encontró respuesta hasta 50 kg/ha de  $P_{25}^0$ . Esta situación es recogida por López y Tremols (1979) en las normas de fertilización de la papa para el Servicio Agroquímico Nacional, planteando dosis de fósforo entre 50 y 250 kg/ha de  $P_{25}^0$  para suelos Ferralíticos Rojos.

El aprovechamiento de los fertilizantes fosfóricos ha sido muy bajo en el país, excediendo raramente el 15%. Guerra (1975) encontró valores cercanos al 5% y Deroncelé y Valdés (1979) reportaron un coeficiente de aprovechamiento promedio para el quinquenio 1971-1975 para la papa a nivel nacional de 3%. Al no conocerse pérdidas absolutas de P en los suelos Ferralíticos Rojos, es de esperar una acumulación de P en el horizonte superior del suelo. Las formas de P llegadas al suelo con los fertilizantes sufren una serie de transformaciones donde se conjugan procesos de inmovilización y liberación, que según Munns y Fox (1976) llegan a un equilibrio en el cual, de acuerdo a las condiciones del suelo, puede mantenerse de forma soluble entre 30 y 69% de los fosfatos añadidos.

Lo anterior sugiere la necesidad de que los estudios para calcular dosis de fertilizantes fosfóricos en un suelo deben realizarse en estudios a largo plazo sobre la misma área. Además, respalda los planteamientos de Dinchev (1970), Marsankskas (1972), Shishov y col. (1974), Bezuglaya (1979) y Shevshonko y Sidoronko (1980), de que tienen perspectivas las aplicaciones de altas dosis de fertilizantes fosfóricos para varias cosechas, tanto para ahorrar recursos en la realización de las labores como para disminuir la tasa de fijación del P aplicado. Villegas (1972) y González Abreu (1977) encontraron que el % de sorción de los fosfatos en el suelo disminuye a medida que se incrementan las dosis de P añadido en suelos Ferralíticos Rojos.

Deroncelé y col. (1983) plantean diversos beneficios para las aplicaciones a largo plazo, pero señalan que son necesarias grandes cantidades

de fertilizantes y en Cuba las reservas de fosfatos naturales son bajas.

Otro método para incrementar la efectividad de los fertilizantes fosfóricos consiste en establecer una secuencia de cultivos que aprovechen una fertilización única inicial. Grüneberg (1972) sugiere que el maíz es capaz de beneficiarse de la fertilización de un cultivo precedente.

Con vistas a tratar de perfeccionar la fertilización de la papa en suelos Ferralíticos Rojos, se estudió la aplicación de P para varios años en una rotación papa-maíz, presentándose a continuación los resultados en rendimiento y efectividad de las dosis aplicadas.

#### MATERIALES Y METODOS:

El experimento se desarrolló desde 1980, en un suelo Ferralítico Rojo compactado (Ac. Ciencia de Cuba, 1975), de la Estación Experimental "Juan Tomás Roig" del Instituto Superior Agrícola de Ciego de Ávila. Los principales datos de fertilidad del suelo de acuerdo al muestreo de cada parcela son los siguientes:

$P^H(KCl)$  potenciométrico (Relación suelo:agua 1:2,5)  $\bar{X} = 5,180 \pm 0,016$

$P_2O_5$  Mov. por Oniami  $\bar{X} = 5,84 \pm 0,033$  ppm de  $P_2O_5$

$K_2O$  por Oniami  $\bar{X} = 22,231 \pm 1,47$  mg  $K_2O/100$  g

Las precipitaciones mensuales y la temperatura se encontraron dentro de la media para el área en el decenio.

Los tratamientos utilizados fueron:

$P_2O_5$ (kg/ha)			Fondo de N y K
1er año	2do año	total	
0	0	0	N: 120 kg/ha
0	0	0	$K_2O: 150$ kg/ha
45	0	45	
45	45	90	Como portadores: Urea, superfosfato simple y cloruro de potasio.

1er año	2do año	total	Fondo de N y K
90	0	90	
90	90	180	El fertilizante fosfórico se aplicó en la preparación del suelo, mezclado con el mismo.
135	0	135	
135	135	270	
225	0	225	Los fertilizantes nitrogenados y potásicos se aplicaron en el surco previo a la siembra.
225	225	450	
450	0	450	
450	450	900	

Los tratamientos se replicaron 4 veces, dando lugar a 24 parcelas el primer año y 48 el segundo año, al dividirse las parcelas originales para volver a recibir la dosis de P solo una mitad. La distribución de los tratamientos siguió un diseño de bloques al azar, con parcelas divididas en el segundo año.

El área de las parcelas fue de  $79,2 \text{ m}^2$  el primer año y  $36 \text{ m}^2$  el segundo año. El área de cálculo fue de  $56,7 \text{ m}^2$  y  $21,6 \text{ m}^2$  respectivamente.

#### Observaciones

Se tomaron muestras de plantas en tres ocasiones tanto en la papa como en el maíz, en las cuales se analizó el contenido de materia seca -- (estufa a  $85^\circ\text{C}$ ) y el contenido de NPK.

De igual forma se midió el rendimiento en el área de cálculo y se tomaron muestras de suelo de cada parcela antes y después de cada cultivo. El comportamiento de la papa y el maíz fue normal, habiéndose seguido la agrotecnia establecida en las Normas Ramales correspondientes para cada cultivo. Se prestó atención a que el mezclado del suelo en las parcelas fuera el mínimo en el momento de preparar el suelo. Los resultados se sometieron a análisis de varianza de clasificación simple, las medias se compararon mediante la prueba de Duncan y donde se estimó necesario se realizaron los análisis de regresión y correlación pertinentes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla No. 1 se muestran los rendimientos obtenidos en las tres campañas de papa y dos de maíz intermedias. En la primera campaña se encontraron diferencias significativas en el rendimiento de la papa a partir de la aplicación de 90 kg/ha de  $P_2O_5$  hasta 225 kg/ha, que ya no se diferencia de 450 kg/ha. Dicha respuesta es descrita mediante diversas funciones de producción, entre las que se ilustran en la Figura No. 1, siendo las de mejor comportamiento la función cuadrática que responde a la ecuación  $R = 10,51602 + 0,11531 x - 0,00016 X^2$  ( $R^2 = 0,97$ ) y la función radical, que responde a la ecuación  $R = 10,66200 + 0,96158 x$  ( $R^2 = 0,90$ ). Muy buena correlación se obtuvo al trabajarse con el modelo Discontinuo Rectilíneo, descrito por las ecuaciones  $R = 11,04440 + 0,09333x$  para  $X = 181,40$  y la ecuación  $R = 27,995\ 56$  para  $X = 181,40$  ( $R^2 = 0,99$ ), calculado siguiendo los criterios de Waugh y col. (1973, 1974).

La dosis de fertilizantes para alcanzar el rendimiento máximo estable según criterios de Waugh y col. (1974) es de 181,4 kg/ha de  $P_2O_5$ , mientras que la dosis de fertilizante para obtener el rendimiento máximo según la función de producción cuadrática es de 360 kg/ha.

En la Tabla No. 2 se muestra la relación entre los kg de producción/kg de  $P_2O_5$  aplicando, considerando el rendimiento de la papa y el maíz cosechado a continuación, además del % de aprovechamiento del fertilizante aplicado considerando solo la cosecha de papa y cuando se toma en cuenta la cosecha de maíz.

Se observa que la eficiencia agronómica de la fertilización se incrementa hasta la dosis de 90 kg/ha, estabilizándose en los 135 kg/ha y luego comienza a disminuir en correspondencia con el exceso de P en las superiores. El % de aprovechamiento de los fertilizantes fosfóricos es bajo, disminuyendo a medida que se incrementan las dosis.

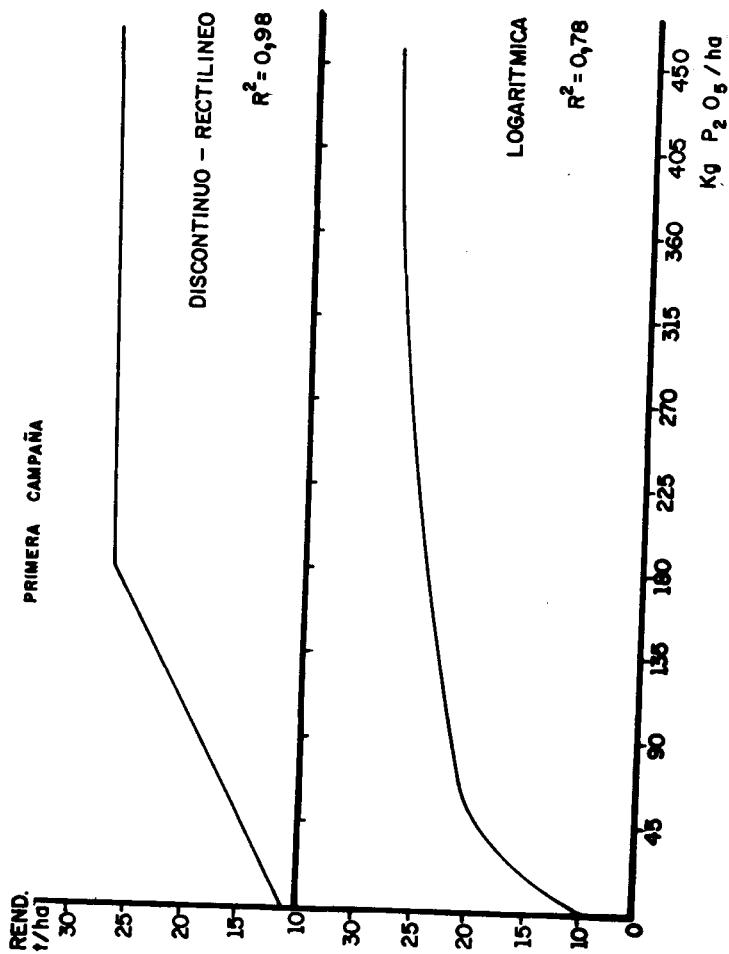
Tabla 1: RENDIMIENTO EN kg/ha DE TUBERCULOS, EN LAS TRES CAMPAÑAS DE PAPA Y DOS DE MAIZ.

Fertiliza- ción kg/ha de $P_{2}O_5$	Rendimientos				
	1er Año		2do Año		3er Año
	Papa	Maíz	Papa	Maíz	Papa
0	10,9 <sup>d</sup>	4,4 <sup>d</sup>	8,6 <sup>e</sup>	6,0	13,59 <sup>b</sup>
45	13,8 <sup>d</sup>	4,9 <sup>c</sup>	15,2 <sup>de</sup>	6,4	15,87 <sup>b</sup>
-			13,1 <sup>de</sup>	5,8	13,40 <sup>b</sup>
90	20,2 <sup>c</sup>	5,0 <sup>bc</sup>	18,0 <sup>bcd</sup>	6,5	22,14 <sup>a</sup>
-			16,6 <sup>cd</sup>	6,6	12,13 <sup>b</sup>
135	24,7 <sup>b</sup>	5,3 <sup>b</sup>	20,4 <sup>abcd</sup>	6,3	21,98 <sup>a</sup>
-			19,6 <sup>bcd</sup>	6,0	16,28 <sup>b</sup>
225	26,9 <sup>ab</sup>	5,3 <sup>b</sup>	24,8 <sup>ab</sup>	6,1	25,46 <sup>a</sup>
-			20,1 <sup>abcd</sup>	6,6	15,72 <sup>d</sup>
450	29,1 <sup>a</sup>	5,8 <sup>a</sup>	27,8 <sup>ab</sup>	6,1	22,83 <sup>a</sup>
-			23,3 <sup>abc</sup>	6,0	23,14 <sup>a</sup>
CV (%)	10,14	7,89	15,9		14,6

Tabla 2: kg DE TUBERCULOS PRODUCIDO POR kg DE  $P_{2}O_5$  APLICADO Y % DE APROVECHAMIENTO DE FERTILIZANTES EN EL 1er AÑO.

Dosis (kg/ha $P_{2}O_5$ )	kg de tubérculo kg de $P_{2}O_5$	% de aprovechamiento	
		Por la papa	Por la papa/maíz
45	64,4	11,65	43,65
90	103,3	11,80	35,2
135	102,2	9,85	25,95
225	71,6	8,60	19,60
450	40	4,30	10,2

Figura No. 1: RESPUESTA DE LA PAPA A LA FERTILIZACION FOSFORICA



El comportamiento de la primera campaña se corresponde con los resultados de Guerra (1975), Guerra (1982) y por Deroncelé y Valdés (1979) y son lógicos para las condiciones del suelo Ferralítico Rojo bajo en fósforo donde se realizó el experimento. Las dosis óptimas y máximas se corresponden con las reportadas por Ponamperuma (1958), Grunner (1972), Guerra y col. (1982) y Díaz Delgado (1982).

En la segunda campaña comienza a manifestarse el efecto acumulativo de las dosis de P aplicadas, ya que a partir de la nueva aplicación de 135 kg/ha de  $P_2O_5$  no se muestran diferencias significativas con dosis superiores. En la tercera campaña, a partir de 90 kg/ha de  $P_2O_5$  no aparecen diferencias significativas. Se muestra claramente que no es correcto aplicar durante varios años consecutivos en la misma área las dosis de P calculadas en experimentos anuales con papa.

El efecto residual de la fertilización fosfórica puede analizarse en los datos que reflejan rendimientos en tubérculos de papa en las parcelas que recibieron una aplicación única en la primera campaña de papa. En la Figura No. 2 se muestra gráficamente que aplicando entre 250 y 425 kg/ha de  $P_2O_5$  como superfosfato sencillo, se pueden obtener dos cosechas de papa con buenos rendimientos, incluyendo una cosecha de maíz intermedia en la misma área, sin nuevas aplicaciones de P. La aplicación de 450 kg/ha alcanzó para 3 campañas de papa con dos de maíz intermedias.

En la Tabla No. 3 se plantean los datos de producción por kg de fertilizante aplicado en los tres años estudiados.

Tabla No. 3: Eficiencia de la fertilización fosfórica en los tres años.

Dosis de fertilizante (kg/ha $P_2O_5$ )	kg de rendimiento/kg de $P_2O_5$ aplicado	1er año	2do año	3er año
45	76	115		94
		171		167
90	110	110		108
-		194		178
135	109	99		86
-		190		210

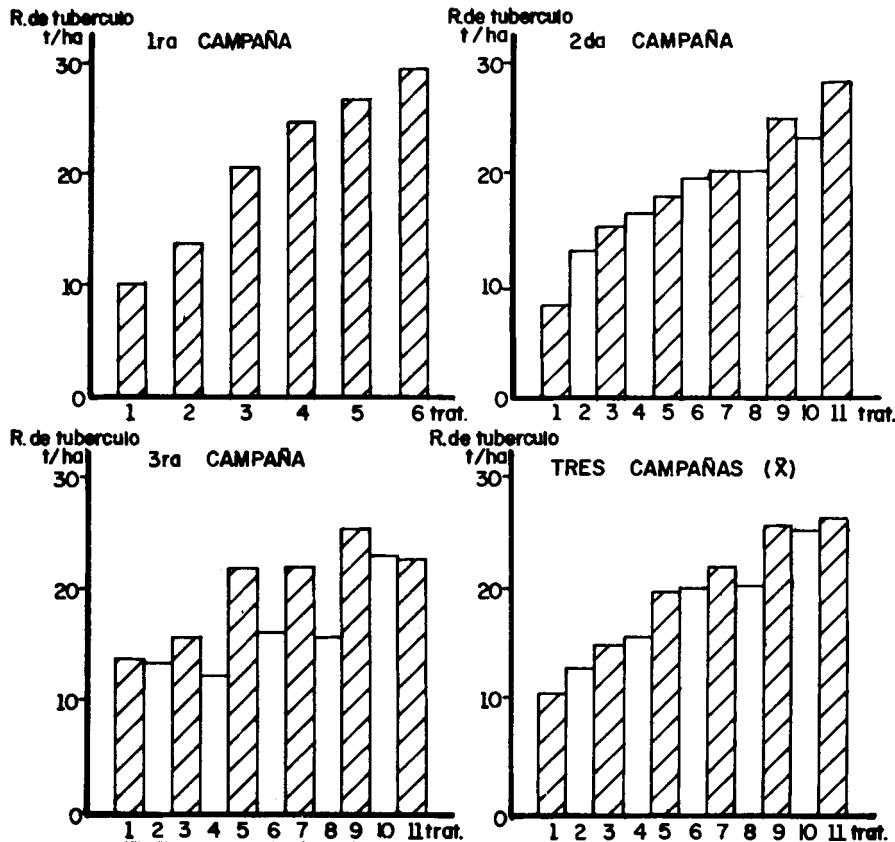
Dosis de fertilizante (kg/ha P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	kg de rendimiento/kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> aplicado 1er año	2do año	3er año
225	75	74	67
-		120	138
450	44	43	35
-		76	89

Se nota claramente que debido al efecto residual de las dosis de P aplicadas, en las tres campañas estudiadas son altos los valores de producción obtenidos por cada kg de fertilizante aplicado. Por el contrario, cuando se realizaron aplicaciones anuales, excepto en las dosis menor, dicho indicador tiende a bajar. Este indicador da una idea del aprovechamiento de los nutrientes aplicados con los fertilizantes, que tiende a incrementarse cuando se realizó aplicaciones para varios años.

Los resultados obtenidos en la respuesta de los cultivos a la fertilización fosfórica en las tres campañas se corresponden con los cambios en el contenido de P móvil en el suelo, dicho comportamiento en la primera campaña se muestra en la Tabla No. 4.

Tabla No. 4: Variaciones en el contenido de P móvil en el suelo en dependencia de la fertilización fosfórica.

Dosis de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ppm de P (Oniani)
0	10,99 <sup>d</sup>
45	16,70 <sup>c</sup>
90	18,40 <sup>c</sup>
135	29,02 <sup>b</sup>
225	35,05 <sup>b</sup>
450	102,10 <sup>a</sup>
cv (%)	7,5



TRAT.	DOSIS $P_2O_5$ kg/ha
1	0
2	45
3	90
4	135
5	225
6	450

TRAT.	CAMPAÑAS			DOSIS $P_2O_5$ kg/ha
	1980-81	1981-82	1982-83	
1	0	0	0	
2	45	0	0	
3	45	45	45	
4	90	0	0	
5	90	90	90	
6	135	0	0	
7	135	135	135	
8	225	0	0	
9	225	225	225	
10	450	0	0	
11	450	450	450	

Figura No. 2: FERTILIZACION FOSFORICA EN PAPA

Se expresa una dependencia sostenida del contenido de P móvil en el suelo en relación a las dosis de fertilizante aplicado, con un coeficiente de correlación de 0,73, estando de acuerdo con los planteamientos de Tremols (1977) y Shevshenko y Sidoronko (1981) de que la fertilización fosfórica en la papa incrementa el contenido de P móvil en el suelo.

Hasta 225 kg/ha el enriquecimiento del suelo en P móvil sigue una tendencia similar al incremento de la dosis de fertilizante y partir de entonces se incrementa bruscamente. Misra y Ojha (1970), Villegas (1973) y González Abreu (1977) han comprobado, en suelos similares al nuestro - una disminución en el % de sorción con el incremento de las dosis de -- fertilizante. Shishov y col. (1974) plantean para suelos Ferralíticos - Rojos dedicados a la caña de azúcar, la aplicación de dosis elevadas de fertilizantes fosfóricos para tratar de saturar la capacidad de sorción del P. Estas ideas pueden explicar que a medida que se repiten las - - aplicaciones de P, las dosis para alcanzar rendimientos altos son cada - vez menores.

#### CONCLUSIONES

- 1.- La fertilización fosfórica influyó marcadamente en los rendimientos de la papa en las condiciones del experimento (suelo Ferralítico Rojo compactado con 5,74 ppm de P). La respuesta fue altamente significativa hasta 225 kg/ha de  $P_2O_5$  el primer año pero por el efecto - acumulativo, sólo hubo respuesta hasta 90 kg/ha en el 1er año.
- 2.- El efecto residual de la aplicación de fertilizantes fosfóricos se - manifiesta a partir de la dosis de 275 kg/ha de  $P_2O_5$  en la segunda - campaña de papa y de 450 kg/ha en la 3ra.
- 3.- Aplicando 450 kg/ha de  $P_2O_5$  se pueden obtener rendimientos altos de la papa durante 3 campañas, incluyendo dos cosechas de maíz intermedias.
- 4.- El % de aprovechamiento de los fertilizantes fosfóricos y la eficiencia de las dosis de fósforo aplicado se incrementan con las apli-

caciones a largo plazo.

## RECOMENDACIONES

- a) Llevar a extensión los resultados obtenidos y estudiar las posibilidades de aplicaciones a largo plazo rotando la papa con otros cultivos diferentes al maíz y en otros suelos.
- b) Estudiar los fundamentos teóricos de las aplicaciones a largo plazo de P en nuestras condiciones.

## REFERENCIAS

- ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA (1975). Segunda clasificación de los suelos de Cuba.
- BEZUGLAYA, Yn. (1979). Aplicación de P y K de fondo en condiciones de cultivo permanente de papa: Agrojimia No. 1, 1979.
- CASTILLO, J.; JIMENEZ, J.; RUIZ, V. y MARTELL, R. (1982). Estudio de distintos niveles de NPK en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) sobre un suelo ferralítico rojo, 3er Seminario Científico-Técnico de la Estación Experimental de Fertilizantes en - Pastos "Escambray".
- DEL CASTILLO, A.; DELGADO, R.; DIAZ, O. y BARRIOS, F. (1983). Recomendación de dosis de NPK en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*) en suelos ferralíticos rojos compactados de Ciego de Avila. Informe final. Dpto. Suelos y Fertilizantes. MINAG Ciego de Avila.
- DERONCELE, R.; GUERRA, A.; VALDEZ, C. y Fraser, T. (1983). La fertilización de la papa. 1er. Reunión Nacional de Agroquímica.
- DIAZ, O.; DELGADO, R. (1982). Estudio de niveles de NPK en la papa . - 1er Forum Científico-Técnico CMICT de Ciego de Avila. Academia de Ciencias de Cuba.
- DINCHEV, D. (1970). Agroquímica. Instituto del Libro, Cuba.

- GONZALEZ ABREU, ANA (1977). Características del régimen de P en algunos suelos de Cuba. Tesis de Candidatura CNIC.
- GRUNEBERG, F. (1972). Nutrición y fertilización del maíz. Act. Ing. Agron. No. 26 Cict.-oh.
- GRUNER, G. (1972). La Fertilización de la papa. Act. de Ing. Agron. - No. 28 CICT-UH.
- GUERRA, A. (1975). Determinación del coeficiente de aprovechamiento de los nutrientes. Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes. - MINAG.
- GUERRA, A.; BARROSO, R.; GANDARILLA, J.; HARTMAN, T. (1982). Efecto de la fertilización fosfórica sobre algunos índices agronómicos de la papa (*Solanum tuberosum L. var. Desirée*) en un suelo ferrallítico púrpura. 1er Forum Científico-Técnico CMICT de Ciego de - Avila.
- LOPEZ, G. y TREMOLS, J. (1979). Metodología para la fertilización de la papa por el servicio Agroquímico. Dirección General de Suelos y Fertilizantes. MINAG.
- MARSANKSKAS, V. (1972). Efectividad de los fertilizantes fosfóricos al ser aplicados anualmente y de una vez para varios años. Sb Navch Statey Int. en la V. 26, p. 5360.
- MISRA, S. y OJHA, S. (1970). Retention of Phosphates by some. Agrochemia 14 (1937).
- MUNNS, D. y DOX, A. (1976). The slow Reaction Which continues after phosphate adsorption: Kinetics and equilibrium in some tropical -- soils. Soil Sci.Soc. Amer. Vol. 40, 1976.
- PONAMPERUMA, F. (1958). Response of potato to fertilizer, un lime and trace elements. Tropic. Agric. Ceylan 114 No. 2(113).
- RIUS, T. y LUIT, V. (1973). The establishment of fertilizer recommendation on the basis of soil test. Institut voor boden vruecht - bear need Narem.
- SHEVCHENKO, L. y SIDOSENKO, V. (1980). Influencia de la fertilización - para varios años sobre las propiedades agroquímicas de los suelos podzol ligeros en condiciones de producción. Agrojimia. No. 3,

- SHISHOV, L.; VILLEGAS, R. y MELNIKOV, P. (1974). Dinámica en los suelos ferralíticos y sialíticos plantaciones cañeras, Revista de Agricultura, año VII, No. 1, p. 39.
- TREMOLS, A. (1977). La fertilización de la papa en suelos rojos ferrallíticos de la provincia de La Habana. Tesis de Candidatura ISCAE.
- TREMOLS, A. y DERONCELE, A. (1977) Informe de la primera conferencia científica del Centro Coordinador de fertilizantes minerales. - CAME, Leipzig.
- TREMOLS, A. (1978). La fertilización de la papa. Boletín de reseñas, - Suelos y Agroquímicas. No. 2, CIDA.
- VALDES, C. y DERONCELE, R. (1979). Influencia de distintos niveles de NPK y densidades de siembra sobre los rendimientos en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum L.*) var. Red. Pontiac.
- VILLEGAS, R. (1973). Dinámica del P en suelos rojos ferralíticos. Ed. - Academia de Ciencias de Cuba. Serie Caña de Azúcar. No. 56.
- WAUGH, D.; CATE, R. y NELSON, C. (1973). Modelos discontinuos para una rápida correlación y utilización de los datos de análisis de - suelos y las respuestas a los fertilizantes. Pub. por la Universidad de Carolina del Norte.
- WAUGH, D., CATE, R.; NELSON, L. y MANZANO, L. (1974). Nuevos conceptos en la interpretación biológica y económicas de respuesta a los fertilizantes. Manejos de Suelos en América Tropical, Univ. de Carolina del Norte.

#### ABSTRACT

RESIDUAL EFFECT OF PHOSPHORIC FERTILIZER APPLICATIONS TO POTATO CROP FOR THREE YEARS.

Five doses of  $P_2O_5$ , applied as single superphosphate, were studied on a compacted red ferralitic soil (5,74 ppm P by Oniani). Levels of P (0; 45; 90; 135; 225 and 450 kg/ha  $P_2O_5$ ) were annually applied and once for 3 years.

A highly significant response was found for yields with regard to the increasing doses applied, besides, it was also proved that 450 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> are enough to achieve 3 harvests of potato and 2 of corn with good yields.

Manuscrito recibido el 30/XII/83.