

Efecto del encalado y el Fósforo sobre el rendimiento de materia seca del Maíz (*Zea mays L.*) y la disponibilidad de P, en un Ultisol¹

Effect of lime and Phosphorus applied on corn dry matter yield (*Zea mays L.*) and P availability in an Ultisol.

Edigso Martínez²
Cioly Colmenares³

Resumen

El efecto de diferentes niveles de calcio y fósforo sobre el rendimiento del maíz en un ultisol de la Machiques Colón, fue estudiado en un experimento de invernadero. Se utilizaron cinco niveles de calcio (0,3,6,9,12 meq de $\text{CaCO}_3/100$ g de suelo) y tres niveles de fósforo (0,160,320 ppm de P). El diseño experimental fue en bloques al azar con tres repeticiones, en un arreglo de tratamientos en parcelas divididas. Muestras de suelo fueron tomadas de cada maceta después de cada cosecha, para las determinaciones en el laboratorio de calcio, fósforo, pH y aluminio; además se midió el rendimiento en materia seca producido en un período de 6 semanas y en dos cosechas consecutivas. En general, el calcio mostró un efecto altamente significativo sobre la disponibilidad del P en el suelo y la producción de materia seca, sin embargo, el efecto del fósforo no fue significativo. Hubo una mayor disponibilidad del P en la segunda cosecha. Así mismo, hubo un efecto altamente significativo del calcio, fósforo y su interacción sobre el pH del suelo y el aluminio intercambiable. El Al intercambiable descendió al incrementarse el pH por acción del encalado y el fósforo.

Palabras claves: *Zea mays*, fósforo, encalado, aluminio.

Abstract

To evaluate the effects of lime and applied P on phosphorus availability, an ultisol from Machiques Colón, was amended with variable rates of lime (0,3,6,9 and 12 meq of $\text{CaCO}_3/100$ gr of soil) in a greenhouse experiment.

Recibido el 27-06-94 • Aceptado el 27-10-94

1 Proyecto subvencionado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia.

2 Departamento de Agronomía. Facultad de Agronomía. Apartado 15205. Maracaibo 4005. Venezuela.

3 Departamento de Estadística.

Phosphorus rates were (0,160 and 320 ppm de P). The arrangements of treatments was a split plot design with three replications. Soil samples were taken from the pots following each harvesting in orden to make laboratory analysis and corn dry matter yield. In general, there were positive effects of calcium on corn dry matter yield and on P availability, but relatively minor effects of P on the two variables. There was a higher P availability at the second harvest. There were possitive effects of calcium, phosphorus and their interaction on soil pH and exchangeable aluminum. Lime and phosphorus decreased exchangeable aluminum with increasing the soil pH.

Key words: Liming, phosphorus, aluminun, *Zea mays L.*

Introducción

Los Ultisoles de la cuenca del Lago de Maracaibo son generalmente muy bajos en la cantidad de fósforo disponible para las plantas. Aplicaciones de fertilizantes fosfatados a estos suelos es una práctica esencial para la obtención de altas producciones en las plantas. El alto grado de acidez y la deficiencia de fósforo son la principal característica de estos suelos. El uso de cal afecta la disponibilidad de P a las plantas. La aplicación de calcio ha sido reportado que incrementa, disminuye o no afecta al fosfato extraíble en tales suelos, lo mismo ha sido encontrado para los contenidos de fósforo en las plantas. En efecto, respuestas negativas a altos niveles de calcio son bien documentados (4). Este efecto negativo a altas dosis de calcio parece estar unido a la presencia de niveles tóxicos de aluminio intercambiable antes del encalado. No obstante, este efecto negativo puede presentarse por la aplicación de grandes cantidades de fósforo (7).

Al estudiar el efecto del calcio sobre el aluminio, el hierro extraíble y el P absorbido en un suelo tropical, Vélez y Blue (8) encontraron que el

pH del suelo determinado en agua y en KCl, disminuyó con el primer nivel de calcio. Esto fue atribuido a la hidrólisis de pequeñas cantidades de aluminio intercambiable. Los pequeños cambios en pH con el calcio aplicado indicó una alta capacidad buffer. La amplia diferencia entre el pH medido en agua y el medido en KCl es una indicación de que las fuertes de acidez provienen de las cargas permanentes sobre la superficie de las arcillas. De igual manera, Martínez y Blue (4) encontraron que la aplicación de CaCO_3 resultó en un incremento en el pH, valores para pH en 1N de KCl estuvieron alrededor de 0,9 unidades más bajas que el determinado en agua, en los suelos no encalados. Esta diferencia decreció con incrementos en los niveles de calcio con una adicional hidrólisis del aluminio.

Amarasiri y Olsen (1) estudiaron el efecto del encalado sobre la solubilidad del fósforo y el crecimiento de la planta en un suelo ácido tropical y encontraron que para cualquier nivel de P, el encalado decreció el fósforo soluble hasta que el pH llegó a 6,5. Los suelos encalados tu-

vieron una mayor capacidad de absorción de P que los suelos sin encalar. La producción y la concentración de P en la planta fueron significativamente incrementados por el tratamiento de fósforo sin calcio.

El rendimiento del maíz se incrementó en proporción directa a los niveles de P aplicados (5), este efecto fue estadísticamente significativo. El maíz respondió al encalado a la dosis de 3 cmol de $\text{CaCO}_3 \text{ Kg}^{-1}$ de suelo, aumentos en las dosis no incrementaron el rendimiento. Para cualquier nivel de P agregado al suelo, el encalado disminuyó la concentración de P en las plantas en tres cosechas realizadas. Aumentos en las dosis del P aplicado disminuyeron la concentración de calcio en la planta, pero este efecto no fue estadísticamente significativo. El pH del

suelo se incrementó rápidamente con el encalado.

Blue y Martínez (2) determinaron un efecto positivo del fósforo sobre la producción de materia seca en maíz y un aumento en la concentración de P en la planta. La disponibilidad de fósforo fue sustancialmente menor para la segunda y tercera cosecha en comparación con la primera cosecha.

Los objetivos de este estudio fueron: Determinar el efecto del encalado y el fósforo sobre la disponibilidad del fósforo y el calcio en el suelo. Determinar el efecto del encalado y el fósforo sobre la producción de materia seca en el maíz bajo condiciones de invernadero y evaluar el efecto del encalado y el fósforo sobre el pH y el contenido de aluminio intercambiable.

Materiales y métodos

Un ultisol característico de la región suroeste del Lago de Maracaibo (Machiques-Colón), en el Estado Zulia ($9^\circ 10' \text{ LN}$, $72^\circ 40' \text{ LS}$) se seleccionó para este estudio en condiciones de invernadero.

La zona presenta una vegetación de bosque húmedo tropical. Suelo, Typic Paleudult, familia Francosa fina, sílica isohypertérmica.

El material utilizado para la siembra fue el híbrido Arichuna. Se colectaron muestras de suelo a una profundidad de 20 cm. Se sembró en macetas que contenían 2 Kg de suelo a razón de 3 semillas por maceta.

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con tres repe-

ticiones, en un arreglo de tratamientos en parcelas divididas, donde la parcela principal estuvo ocupada por el efecto del tiempo y en la parcela secundaria el efecto del calcio fósforo y su interacción. Se estudiaron cinco niveles de calcio: 0, 3, 6, 9 y 12 meq. de $\text{CaCO}_3 / 100 \text{ g}$ de suelo y tres niveles de fósforo a las dosis de 0, 160 y 320 ppm de P en la forma de fosfato de potasio monobásico; surgiendo así 15 tratamientos (Cuadro 1).

Todos los tratamientos recibieron una aplicación básica de: 15 ppm de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 15 ppm de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; 15 ppm de $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$; 8 ppm de $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$; 0,5 ppm de $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; 100 ppm

de N como $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y 250 ppm de KCl. El CaCO_3 , el P y los otros nutrientes fueron mezclados con el suelo.

tratamiento, después de cada cosecha, para determinar calcio y fósforo, pH y aluminio intercambiable.

Cuadro 1. Combinaciones de tratamientos.

Tratamiento	Calcio meq/100 g	Fósforo ppm
1	0	0
2	0	160
3	0	320
4	3	0
5	3	160
6	3	320
7	6	0
8	6	160
9	6	320
10	9	0
11	9	160
12	9	320
13	12	0
14	12	160
15	12	320

Las plantas de maíz se cosecharon después de 6 semanas. El maíz se sembró una vez más en cada mata a fin de determinar el efecto residual de los tratamientos a través del tiempo. Después de cada cosecha las plantas fueron secadas a 70 °C, pesadas y usadas para los análisis de laboratorio, determinándose materia seca. Pequeñas cantidades de suelo fueron colectadas para cada

El procesamiento de los datos se efectuó a través del Paquete Estadístico S.A.S. (versión 6, 1981). Los procedimientos utilizados fueron los siguientes: Modelo lineal general, para el análisis de varianza. Las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de Tukey para los efectos lineales. Utilizándose además el procedimiento de correlación.

Resultados y discusión

1. Efecto del Calcio y el Fósforo sobre el calcio en el suelo.

El análisis de varianza para la

variable calcio en el suelo mostró diferencias altamente significativa ($P \leq 0,01$) en la variable estudiada por

efecto del calcio aplicado y la interacción calcio-fósforo.

Aplicaciones crecientes de calcio incrementaron el calcio disponible en el suelo (Cuadro 2), al igual que la combinación de calcio y fósforo. La combinación de 12 meq de CaCO_3 y 320 ppm de P(T15), produjo el mayor valor para esta variable (10,50 meq/100 g de suelo).

variable fósforo en el suelo mostró diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) por efecto del tiempo, el calcio, el fósforo y su interacción.

Aplicaciones de calcio y de fósforo incrementaron la disponibilidad del fósforo en el suelo (Cuadro 3 y 4).

Se ha determinado que el encañado mejora la disponibilidad del P en estos suelos (5).

Cuadro 2. Prueba de medias según Tukey para la variable calcio en el suelo (meq/100 g de suelo).

Grupo	Media	CAL
a	10,50	4
b	8,06	3
b	6,60	2
c	4,34	1
d	2,47	0

Cuadro 3. Prueba de medias según Tukey para la variable fósforo en el suelo (0,87 ppm).

Grupo	Media	Calcio
a	0,50	4
a	0,48	3
a	0,46	1
a	0,46	0
b	0,22	2

La disponibilidad del calcio disminuyó con el tiempo, hubo una mayor disponibilidad del calcio en la primera cosecha (6,49 meq/100 g de suelo). Esta baja es debido a que el calcio reacciona con el aluminio intercambiable e incrementa el pH.

2. Efectos del Calcio y Fósforo sobre el fósforo en el suelo.

El análisis de varianza para la

La disponibilidad del P se incrementó con el tiempo, es decir hubo una mayor disponibilidad de P en la segunda cosecha (0,47 ppm). Este incremento puede explicarse por la reducción del contenido de aluminio durante la segunda cosecha (0,07 ppm). Esto concuerda con los resultados reportados por Freisen *et al.*, (3). La combinación de 9 meq de

CaCO₃ y 320 ppm de P, produjo el mayor valor para esta variable (10,50 meq/100 ppm).

3. Efectos del calcio y el fósforo sobre el pH del suelo y el Al extraído.

El análisis de varianza para la variable pH del suelo mostró diferencias altamente significativas por

entre el pH y el calcio en el suelo ($r=0.77$).

El análisis de varianza para la variable aluminio intercambiable mostró diferencias altamente significativas por efecto del tiempo, calcio, fósforo y las interacciones calcio x fósforo y tiempo x calcio.

Cuadro 4. Prueba de medias según Tukey para la variable pH.

Grupo	Media	Calcio
a	7,74	4
a	7,36	3
a	7,26	2
a	6,50	1
b	4,93	0

Cuadro 5. Prueba de medias según Tukey para la variable pH.

Grupo	Media	Fósforo
a	6,82	1
ab	6,74	2
a	6,60	0

efecto del calcio, fósforo y las interacciones calcio x fósforo, tiempo x calcio y tiempo x fósforo.

La aplicación creciente de calcio resultó en un incremento en el pH (Cuadro 4). El pH en la segunda cosecha (6,75) fue mayor que en la primera y ésto fue debido al efecto residual del CaCO₃ en el suelo. El fósforo también incrementó el pH del suelo (Cuadro 5). La combinación de 12 meq de CaCO₃ y 0 ppm de P, produjo el mayor valor para esta variable (7,78). Se determinó una correlación altamente significativa y positiva

El aluminio descendió al incrementar el pH por efecto del encalado y del fósforo. Los contenidos de Al fueron menores en la segunda cosecha (0,18 meq/100 g de suelo), lo que explica el efecto residual de la aplicación del fósforo en estos suelos. El calcio y el fósforo aplicado disminuyeron el Al intercambiable (Cuadro 6 y 7). La combinación de 0 meq de CaCO₃ y 0 ppm de P, produjo el mayor valor para esta variable (0,37 meq/100 g de suelo). Se determinó una correlación altamente significativa y negativa entre pH y Al ($r=-0.575$) y Ca y Al ($r=-0.255$).

Cuadro 6. Prueba de medias según Tukey para la variable aluminio intercambiable.

Grupo	Media	Calcio
a	0,27	0
b	0,10	4
b	0,09	3
b	0,09	2
b	0,08	1

Cuadro 7. Prueba de medias según Tukey para la variable aluminio intercambiable.

Grupo	Media	Fósforo
a	0,13	1
a	0,12	0
b	0,10	2

4. Efectos del calcio y el fósforo sobre la producción de materia seca.

El análisis de varianza para la variable Materia Seca mostró diferencias altamente significativa ($P \leq 0,01$) en la variable estudiada del tiempo y del calcio aplicado.

Aplicaciones crecientes de calcio incrementaron la producción de materia seca en el maíz (Cuadro 8), la mayor producción fue encontrada

en la segunda cosecha (3,26 gr/maceta), probablemente debido a una mayor disponibilidad de P, la cual concuerda con lo reportado por Martínez y Blue (4). El efecto del P no fue significativo, sin embargo hubo un incremento en la producción con las dosis de P aplicadas en comparación con la no aplicación, este incremento se explica al ocurrir una mayor disponibilidad del fósforo por acción del encalado (5).

Cuadro 8. Prueba de medias según Tukey para la variable materia seca (gr/macetal).

Grupo	Media	Calcio
a	3,26	4
b	2,94	2
b	2,64	1
b	2,51	0
b	2,04	3

Conclusiones

El Calcio mostró un efecto altamente significativo sobre la disponibilidad del fósforo en el suelo.

En encalado mejoró la disponibilidad del fósforo con el tiempo al bajar el contenido de aluminio intercambiable.

El calcio mostró un efecto altamente significativo sobre el rendi-

miento en materia seca. El efecto del P no fue significativo.

La aplicación de calcio incrementó el pH del suelo en una forma altamente significativa.

El aluminio intercambiable disminuyó al incrementarse el pH como consecuencia del encalado.

Recomendaciones

Realizar esta experimentación a nivel de campo tomando como re-

ferencia los resultados obtenidos en invernadero.

Literatura citada

1. Amarasiri, S.L. and S.R. Olsen, 1973. Liming as related to solubility of P and plant growth in an acid tropical soil. *Soil sci. Soc. Am. Proc.* 37: 716-721.
2. Blue, W.E. and E.A. Martínez, 1988. Effect of Lime and P applied to a Florida Ultisol, a Sandy Eutisol and a Spodosol on Corn Growth, P uptake, an soil characteristics. *Soil and crop Science Society of Florida, Proceedings*, Vol. 48: 157-165.
3. Freisen, D.K. and M.H. Miller and A.S.R., Jou. 1980. Liming and lime-Phosphorus zinc interactions in two Nigerian Ultisols II Effects on maize root and shoot growth. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44: 1227-1232.
4. Martínez, E. and W.G. Blue, 1977. Effects of calcium carbonate on chemical characteristics of three Florida Soil and response of some agronomic plants. *Soil and crops Science Society of Florida Proc.* 37: 155-192.
5. Martínez, E. 1985. Efectos del Encalado y el fósforo sobre el rendimiento del maíz (*Zea mays L.*) Propiedades electromagnéticas y composición mineralógica en un Ultisol. Trabajo de Ascenso. LUZ-Agronomía.
6. Murrmann, R.P. and M. Peech. 1969. Effect of pH on labile and soluble phosphate in Soils. *Soil sci. Soc. Am. Proc.* 33: 205-210.
7. Summer, M.E. 1979. Response of alfalfa and sorghum to lime and P on highly weathered soils. *Agron. J.* 71:763-766.
8. Vélez, J. and W.G. Blue. 1971. Effect of lime on extractable iron and aluminum, and phosphorus sorption in a tropical and a temperate soil. *Soil and crop Science Society of Florida. Proc.* 31: 169-173.