



FERTILIZACIÓN FOSFATADA CON ENMIENDAS ORGÁNICA E INORGÁNICA EN MAÍZ CHIPÁ (*Zea mays L. subsp. amylacea* (Sturtev))

Duarte, Alder D.; González, Eugenio; Quiñonez, Laura R.; Enciso, Derlis; Rasche, Jimmy W. y Leguizamón, Carlos A.

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. Avenida Mcal. López 2160. San Lorenzo, Paraguay. alderdelosantos@hotmail.com

RESUMEN

El maíz es uno de los cereales más importantes a nivel mundial y compone uno de los cultivos de subsistencia tradicional de las familias campesinas. El experimento se realizó en Ybyrarobana, Canindeyú, con el objetivo de evaluar los efectos de dosis de fósforo, con la utilización de enmiendas orgánica e inorgánica sobre la producción del maíz chipá. Las enmiendas (estiércol de bovino, ceniza de expeller de soja y testigo) ocuparon las parcelas y las dosis de P_2O_5 (0, 40, 80, 120 y 160 kg ha⁻¹) las subparcelas, estas se distribuyeron en el campo en un diseño de bloques completamente al azar, en cuatro bloques. En todos los tratamientos fueron aplicados, 80 kg ha⁻¹ de N y 70 kg ha⁻¹ de K_2O . Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 5 m de largo por 3,5 m de ancho (17,5 m²). Se determinó longitud y diámetro de espiga, peso de mil granos y rendimiento del cultivo. Todos los datos fueron sometidos a ANAVA y comparación de medias mediante el test de Tukey al 5%. En todos los parámetros analizados se observaron diferencias significativas entre las enmiendas utilizadas a excepción en la longitud de espiga. No se encontraron significancia estadística entre las dosis aplicadas de P_2O_5 en las variables analizadas, siendo la media general de longitud y diámetro de espiga, peso de mil granos y rendimiento de granos del maíz de 17,04 cm; 37,61 mm; 223 g y 4.339 kg ha⁻¹, respectivamente. El maíz chipá respondió a los tratamientos con enmiendas, en cambio, no respondió a los tratamientos con dosis de P_2O_5 .

Palabras clave: maíz, fósforo, estiércol, ceniza.

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cereales más importantes a nivel mundial, se constituye como uno de los cultivos de subsistencia tradicional de las familias campesinas en el Paraguay. El Avatí chipá, es cultivado principalmente en fincas con 1 a 20 ha que representa el 88,4% de las fincas con avatí chipá según el MAG (2008), solo o asociado con otros cultivos de consumo como el poroto, zapallo, mandioca (Salhuana y Machado, 1999), generalmente parte del mismo es usado en la alimentación familiar y parte vendido para la obtención de ingresos en la finca. Según los últimos datos oficiales sobre el cultivo del maíz chipá, se tiene 80.759 ha, distribuidas en 134.835 fincas, con rendimiento promedio a nivel país de 1.062 kg ha⁻¹. En el Departamento de Canindeyú se constataron 4.962 ha de maíz chipá distribuidas en 6.200 fincas, con rendimiento promedio a nivel departamental de 1.140 kg ha⁻¹ (MAG, 2008).

Fatecha (2004), sostiene que los suelos de las áreas sembradas con granos, en la Región Oriental de Paraguay son generalmente ácidos, con bajo nivel de fósforo disponible para las plantas. Por su parte, Barrios *et al.* (2010), mencionan que las extracciones de fósforo por los cultivos van empobreciendo lenta pero progresivamente a los suelos de este vital nutriente, por lo que es imprescindible realizar un buen manejo para disminuir la pérdida del mismo. Omil (2007) afirma que las cenizas además de aportar elementos primarios como fósforo y potasio, incluye la adición de otros elementos secundarios, como calcio y magnesio. El objetivo de la investigación fue evaluar los efectos de diferentes dosis de fósforo, con la utilización de enmiendas orgánica e inorgánica sobre la producción del maíz chipá.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Departamento de Canindeyú, Distrito de Ybyrarobana, desde septiembre de 2015 hasta febrero de 2016. El estudio se evaluó en parcelas subdivididas. Las enmiendas ocuparon las parcelas y las dosis de P_2O_5 las subparcelas, estas se distribuyeron en el campo en un diseño de bloques completamente al azar, en cuatro bloques. Las enmiendas utilizadas fueron estiércol de bovino (30 Mg ha⁻¹), ceniza de expeller de soja (870 kg ha⁻¹) y testigo (sin aplicación de enmienda). La fuente de P_2O_5 utilizada fue el Superfosfato triple, con dosis 0, 40, 80, 120 y 160 kg ha⁻¹ de P_2O_5 . Cada unidad experimental tuvo una dimensión de 5 m de largo por 3,5 m de ancho (17,5 m²).

La preparación del suelo se realizó en forma convencional, la aplicación de enmiendas y fertilizantes, y la siembra se realizó de forma manual, el espaciamiento utilizado fue de 0,70 m entre hileras y 0,25 m entre plantas. La cosecha se realizó de 2,10 m² de cada unidad experimental, de forma manual.

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza según modelo de parcelas subdivididas, y cuando hubo diferencia significativa sometidos al test de Tukey al 5% de probabilidad de error y análisis de regresión para el caso de las enmiendas y las dosis de fósforo, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron resultados estadísticamente diferentes entre los tratamientos del factor enmienda (Tabla 1) para el diámetro de espiga y peso de mil granos, donde el estiércol de bovino arrojó resultados iguales estadísticamente a la ceniza y superiores al testigo, siendo estos similares a la enmienda inorgánica. Con respecto a la longitud de espiga no se encontró significancia estadística, pero hubo una tendencia de aumento con la aplicación de ceniza. En un experimento con incorporación de diferentes dosis de estiércol de bovino, Longoria (2000), no constató diferencias significativas en longitud y diámetro de espiga, obteniéndose medias generales de 28 y 4,63 cm respectivamente.

Tabla 1: Longitud de espiga, diámetro de espiga y peso de mil granos del maíz en función a dosis de P₂O₅ y fuentes de enmiendas. Ybyrarobana, Canindeyú, Paraguay. 2016.

Factor Enmienda Fuentes (Mg ha⁻¹)	Dosis	Longitud de espiga ----cm----	Diámetro de espiga ---mm---	Peso de mil granos ---g---
Estiércol bovino	30	17,13 ^{ns}	37,92 a	230 a
Ceniza	0,87	17,24	37,80 ab	224 ab
Sin enmienda	0	16,76	37,10 b	215 b
Media general		17,04	37,61	223
Factor Fósforo Dosis (kg ha⁻¹)				
	0	16,82 ^{ns}	37,22 ^{ns}	219 ^{ns}
	40	16,60	37,81	220
P ₂ O ₅	80	17,33	37,82	222
	120	17,39	37,75	231
	160	17,07	37,44	222
CV%		4,63	2,73	6,04
Media general		17,04	37,61	223

CV, coeficiente de variación; ns, no significativo. Medias seguidas por diferentes letras difieren entre sí por el test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

Por otro lado, no se detectaron significancias estadísticas entre los tratamientos del factor fósforo para todos los parámetros mencionados en la Tabla 1, siendo 17,04 cm; 37,44 cm y 223 g respectivamente, las medias generales de cada una de las variables analizadas.

La aplicación de fertilizante fosfatado según Britos y Emategui (2015), no influyó en la longitud de espigas del maíz, lo que coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación. Del mismo modo, Valdez y Gray (2014), tampoco encontraron diferencias en longitud de espiga con la aplicación de dosis crecientes de fósforo (P₂O₅) en el cultivo de maíz, registrándose promedio de 18±0,53 cm.

En el rendimiento de granos del maíz se encontró diferencia significativa entre las enmiendas utilizadas (Tabla 2). Con el estiércol de bovino (enmienda orgánica) se obtuvo 4.692 kg ha⁻¹, siendo el tratamiento con el mayor rendimiento de granos del maíz, superando al tratamiento sin aplicación de enmienda (testigo) en 761 kg ha⁻¹, mientras que el tratamiento con ceniza obtuvo 4.395 kg ha⁻¹, que fue estadísticamente igual al tratamiento sin enmienda y a la enmienda orgánica.



Tabla 2: Rendimiento de granos del maíz en función a fuentes de enmiendas. Ybyrarobana, Canindeyú, Paraguay. 2016.

Factor Enmienda Fuentes (Mg ha ⁻¹)	Dosis	Rendimiento de granos ---- kg ha ⁻¹ ----
Estiércol bovino	30	4.692 a
Ceniza	0,87	4.395 ab
Sin enmienda	0	3.931 b
CV%		15,35
Media general		4.339

CV, coeficiente de variación; Medias seguidas por diferentes letras difieren entre sí por el test de Tukey al 5% de probabilidad de error. ns, no significativo

La aplicación de materia orgánica a través del estiércol de bovino es muy utilizada en la mayoría de los cultivos. González (2016), utilizando la misma variedad de maíz, observó que el rendimiento de granos del maíz aumentó hasta un 15% con relación al testigo, aplicando 25 Mg ha⁻¹ de estiércol de bovino incorporado al suelo y con la aplicación de 870 kg ha⁻¹ de ceniza de expeller de soja de forma similar al presente experimento no observó aumento en el rendimiento en relación al testigo. Por su parte, Brizuela (2010), obtuvo incremento en el rendimiento de granos de maíz con la aplicación de 20 Mg ha⁻¹ de enmienda orgánica (estiércol de bovino) en combinación con el fertilizante mineral (10-30-10), comparado con el testigo (sin aplicación de estiércol de bovino y sin aplicación de fertilizante mineral), en un orden de 370 %.

En la Figura 1 se observa que no se encontraron diferencia significativa entre las dosis de P₂O₅. Pero a pesar de no haber diferencia estadística, el tratamiento donde fue aplicado 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, presentó un una tendencia de aumento en el rendimiento con 4.754 kg ha⁻¹ comparado con el testigo donde se obtuvo 4.099 kg ha⁻¹. Los tratamientos con 0, 40, 80 y 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, presentaron rendimientos crecientes de 4.099, 4.370, 4.407 y 4.754 kg ha⁻¹ respectivamente, y con la aplicación de 160 kg ha⁻¹ de P₂O₅ se obtuvo una disminución en los rendimientos, con 4.067 kg ha⁻¹, posiblemente a consecuencia de un exceso en la dosis del fertilizante aplicado.

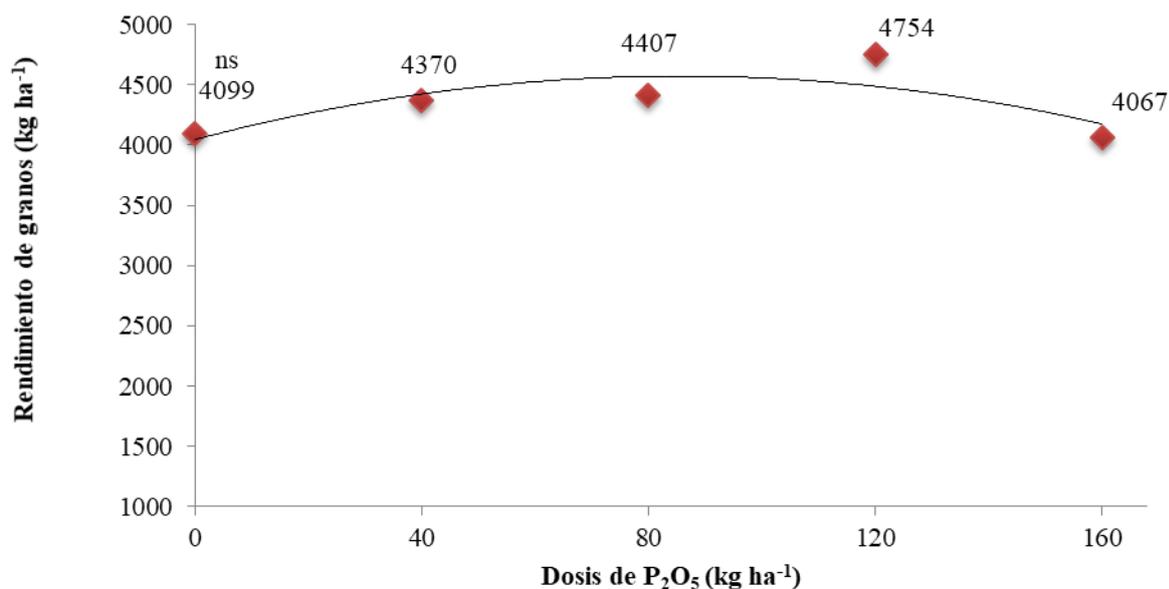


Figura 1: Rendimiento de granos del maíz en función a dosis de P₂O₅. Ybyrarobana, Canindeyú, Paraguay. 2016.



Estos resultados observados con las medias obtenidas en los parámetros de rendimiento, puede ser a consecuencia, según Silva (2007) de que solo el 20% aproximadamente del fósforo (P_2O_5) aplicado es aprovechado por el cultivo en el primer año, debido a que el fósforo liberado puede ser adsorbido por coloides del suelo o formar compuestos insolubles de hierro y aluminio.

Se estima que otro factor que influyó para que no haya diferencia entre las dosis de P_2O_5 fue no haber aplicado cal agrícola, ya que el suelo donde fue implantado el experimento presentaba pH de rango ácido, porque el Al^{+3} inhibió el crecimiento de raíces y la absorción de nutrientes. La aplicación de la cal agrícola no fue realizada porque se quería observar el efecto de las enmiendas en relación al pH del suelo.

Otro aspecto que se puede resaltar es que esos suelos ya están extremadamente deteriorados y la simple aplicación de fertilizantes en un año no es suficiente para su recuperación y principalmente la actividad biológica, la materia orgánica y la relación entre nutrientes no se encuentra beneficiada, por lo tanto, por más que se le dé los nutrientes a la planta, la parte física y orgánica del suelo limita la respuesta de los nutrientes aplicados, destacando que esos suelos están muy compactados.

En un experimento realizado por Britos y Emategui (2015), encontraron respuesta significativa en el rendimiento de granos del maíz fertilizada con fósforo y comparando con el tratamiento sin fósforo (testigo), registraron una diferencia de 2.363 kg ha^{-1} . Por su parte, Alvarado (2002) encontró respuesta significativa con la aplicación de fertilizante fosfatado sobre la producción de maíz, donde el mayor rendimiento fue de 6.545 kg ha^{-1} obtenido aplicando 70 kg ha^{-1} de P_2O_5 y el menor fue de 5.688 kg ha^{-1} , que se obtuvo con el testigo (0 kg ha^{-1} de P_2O_5), sin embargo, no observó influencia para los parámetros longitud y diámetro de espigas, obteniéndose un promedio de 13,33 y 4,31 cm respectivamente.

CONCLUSIONES

En las condiciones en que fue realizado el experimento y considerando los resultados obtenidos en cada uno de los tratamientos se puede concluir que:

El cultivo de maíz responde a los tratamientos con las fuentes de enmiendas, siendo el estiércol de bovino (enmienda orgánica) el que indujo a la mayor producción, superando al testigo (sin aplicación de enmiendas) en todos los parámetros estudiados. Los tratamientos con dosis de P_2O_5 no presentaron respuesta en ninguna de las variables analizadas.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por financiar parte del trabajo dentro del marco del Proyecto 14-INV-130 “Manejo sostenible de la fertilidad de suelos para la producción de alimentos”.

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción por el apoyo, mediante la utilización de infraestructura y equipos necesarios para el trabajo a campo y laboratorio.

Al Sr. Alejandro Duarte por facilitar la infraestructura y el terreno para la realización del experimento.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, LC. 2002. Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y zinc en suelos del norte de Tamaulipas. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nueva León. Nuevo León, MX.
- Barrios, M; E Sandoval; O Camacaro & J Borges. 2010. Importancia del fósforo en el complejo suelo-animal. Rev. Mun. Pec. 6:151-156.
- Britos, EM & VE Emategui. 2015. Diferentes formulaciones fosfatadas en la fertilización del maíz. San Lorenzo, PY. I Congreso Paraguayo de Ciencia del Suelo – IV Simposio Paraguayo de Manejo y Conservación de Suelos. FCA-UNA. 134–137p. Disponible en: <http://www.agr.una.py/fca/index.php/libros/catalog/view/314/16/327-1>. Consultado 25 oct. 2016.
- Brizuela, FM. 2010. Efecto de diferentes dosis de estiércol vacuno y fertilizante mineral (10-30-10) en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) híbrido BR 106. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Asunción. Caazapá, PY.



- Fatecha, DA. 2004. Clasificación de la fertilidad, acidez activa (pH) y necesidad de cal agrícola de los suelos de la Región Oriental del Paraguay. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, PY.
- González, E. 2016. Aplicación de dosis de nitrógeno con enmiendas orgánica e inorgánica en maíz chipá (*Zea mays* var. amiláceo L.). Tesis de Grado. Universidad Nacional Asunción. San Lorenzo, PY.
- Longoria, CS. 2000. Fertilización orgánica con estiércol bovino en diferentes fechas y dosis de aplicación en maíz blanco hualahuises. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, MX.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, PY). 2007. Datos Preliminares del Programa Nacional del Maíz. 108p.
- Omil, B. 2007. Gestión de cenizas como fertilizante y enmendante de plantaciones jóvenes de *Pinus radiata*. Tesis de Doctorado. Escuela Politecnica Superior de Lugo Universidad de Santiago de Compostela. Galicia, ES.
- Salhuana, W & V Machado, 1999. Razas de maíz en Paraguay, consideraciones en la organización y utilización de los recursos genéticos de maíz. Publicación 025. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Investigación en Agricultura. Programa de Investigación del maíz del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay. 148p
- Silva, JA. 2007. Aplicação inicial de P₂O₅ no solo, avaliação em três cultivos sucessivos no feijão-caupi. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Paraíba. Areia, BR.
- Valdez, AS & MG Gray. 2014. Fuentes y dosis de fertilizantes fosfatados en maíz. San Lorenzo, PY. III Congreso Nacional de Ciencias Agrarias, FCA-UNA. 295–297p. Disponible en: <http://www.agr.una.py/descargas/tapas/IIICNCA2014.pdf>. Consultado 20 oct. 2016.