PRODUCCIÓN DE MAÍZ (*Zea mays L.*) EN FUNCIÓN A LA FERTILIZACIÓN FOSFATADA, COMPLEMENTADO CON FERTILIZANTE FOLIAR ¹

José González D. ²Rigoberto Ruiz Díaz Acuña ³

ABSTRACT

This experiment was carried out at the «Raúl Ocampos Rojas-Chirigüelo» Colony, Department of Paraguay located 20 Km from Pedro Juan Caballero. The soil classification is Latosol dark red. The objective of the experiment was to determine the correct dosage of phosphate necessary to increase corn production and also to test the effects of a foliage fertilization on the production of the corn hybrid Hatã 1001. A randomized Block design with tree replication was used. The treatment applied were 0; 60; 120; 180 kg of P_2O_5 .ha⁻¹ and 60; 120; 180 kg of P_2O_5 .ha⁻¹ + 12 L.ha⁻¹ of a foliage fertilizer. Each block was represented by an area of 25m². The distance between rows and plants were 0.9 m and 0.2 m. From the data results of the experiment, an equation was generated to determine a maximum physical efficiency. The $\hat{y}$ max was 5.974 kg.ha⁻¹ obtained by using a dosage of 210 kg of P_2O_5 .ha⁻¹. To obtain a 90% $\hat{y}$ max, the recommended dosage is 102 kg of P_2O_5 .ha⁻¹. The foliage fertilization indicated a positive interaction with the phosphate, at a dosage of 120 kg of P_2O_5 .ha⁻¹.

Key works: Corn, foliage fertilization, phosphate fertilization, yield.

RESUMEN

En la Colonia Raúl Ocampos Rojas (Chirigüelo) a 20 Km de Pedro Juan Caballero, departamento del Amambay, Paraguay, fue realizado un experimento en un suelo clasificado como Latosol Rojo-Oscuro, con el objetivo de determinar la dosis adecuada de fósforo y efecto adicional del fertilizante foliar en el cultivo de maíz híbrido Hatã 1001. El delineamiento experimental fue Bloques al azar con tres repeticiones, siendo los tratamientos 0; 60; 120; 180 Kg/ha de P_2O_5 y 60; 120; 180 Kg/ha de P_2O_5 + 12 Kg/ha de fertilizante foliar. Cada unidad experimental fue representada por un área de 25 m², donde el maíz fue sembrado en un espaciamiento de 0,9 m entre hileras y 0,20 m entre plantas. A partir de la ecuación, generada en función a los rendimientos obtenidos en los diferentes tratamientos, se determinó la máxima eficiencia física ($\hat{y}$ max) 5.974 Kg/ha que se obtuvo con la dosis de 210 Kg/ha de P_2O_5 . Para obtener el 90% de $\hat{y}$ max, la dosis recomendada es 102 Kg/ha de P_2O_5 . El fertilizante foliar mostró interacción positiva con el fósforo en la dosis de 120 Kg/ha de P_2O_5 .

Palabras clave: Maíz, fertilizante foliar, fertilizante fosfatado, rendimiento

¹ Parte de la Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

² Estudiante de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción Orientación Producción Agrícola

³ Ingeniero Agrónomo, MSc, Docente Investigador de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción Departamento de Ingeniería Agrícola.

INTRODUCCIÓN

El maíz del género *Zea* y de la especie *mays*, es originario de América y pertenece a la familia gramínea. Las variedades se clasifican de acuerdo con la duración de su ciclo vegetativo, por una parte, y según las características de sus granos por otra (color, forma, textura). La formación del maíz híbrido tiene el inconveniente que las semillas deben ser renovadas en cada ciclo, ya que la siembra por varios ciclos conduce a la segregación, dando como resultado una desuniformidad y una disminución considerable de la producción (IICA, 1989).

Esta gramínea es anual, erecta, robusta, de 0,6 – 3 m o más de altura en su madurez. Los tallos son ligeramente comprimidos, gruesos, algunas veces ramificados en su base y con raíces que brotan de los nudos inferiores. Las envolturas de las hojas son fuertes, abiertas en un lado, duros, finamente hirsutas y de color verde a paja, la lígula es ancha (3 – 12 cm), la base es redondeada o truncada, el ápice más angosto y agudo y los márgenes frecuentemente ásperos e irregulares. La inflorescencia femenina se encuentra envuelta por 8 a 13 brácteas, largas, duras y finamente pubescentes. Las espigas femeninas se asemejan a un espádice, el raquis es grueso, las espiguillas son sesiadas, casi sésiles apareadas y de una sola flor; se encuentran envueltas por 2 glumas, 2 paleas y 2 lemas; los estilos o «cabellos» son largos, morados o blanco verdusco y pendulosos, con un estigma morado bifido que sobresale considerablemente de las brácteas. Las semillas (frutos) son ovoides, con un ápice agudo obtuso redondeado y comprimido, que es variable en color, de 0,5 – 1 y algunas veces hasta 2,5 cm de largo y 0,5 – 1 cm de ancho (Soule, 1986).

El maíz puede cultivarse en varios tipos de suelo, exige grandes cantidades de nutrientes y usualmente requiere de fertilización para complementar la cantidad proveída por el suelo, cuando se desea elevar la productividad (Florentín, 1996).

El maíz se adapta bien a muy diferentes suelo, siendo su pH preferido el neutro, o ligeramente ácido (pH entre 7 y 6). Quizás la única limitación estriba en los suelos demasiados calizos y muy alcalinos, que puedan bloquear la disponibilidad de ciertos macronutrientes. Esta gramínea es una planta de zonas cálidas, por lo cual sus exigencias en temperatura son altas. Son imprescindibles un mínimo de 10 °C para la siembra, unos 15 °C para la germinación y no menos de 18 °C para la floración, aunque la temperatura ideal durante la fase de crecimiento está comprendida entre los 24 y los 30 °C (Lorente, 1997).

En el Paraguay, la superficie sembrada es de 331.725 ha, con una producción de 647.270 t y el rendimiento medio es de 1.951 kg.ha⁻¹. En el departamento de Amambay la superficie sembrada es de 17.000 ha, con una producción de 37.400 t y el rendimiento medio es de 2.200 Kg/ha (MAG, 2000). Con este experimento se pretendió de-

terminar la dosis adecuada de fósforo y el efecto adicional del fertilizante foliar en el cultivo de un maíz híbrido

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue montado en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias Sede Pedro Juan Caballero, en la colonia Raúl Ocampos Rojas (Chiriguelo) a 20 Km. de la ciudad de Pedro Juan Caballero, Departamento del Amambay.

El suelo que fue utilizado está clasificado como Latosol Rojo-Oscuro, textura arcillosa, cuyas características físicas y químicas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características físicas y químicas del suelo utilizado en el presente experimento.

Profundidad cm	pH Agua	M.O. Dg/kg	Al ⁺⁺⁺ -----cmol/dm-----	Ca + Mg	P -----mg/dm-----	K	Textura Tacto
0 – 10	6,1	3,50	00	17,0	17,0	272	Arcillosa
10 – 20	6,3	2,50	00	16,0	13,0	256	Arcillosa

El material vegetativo con el que fue instalado el experimento fue el híbrido Hatã 1001. La época de siembra fue en la primera quincena del mes de septiembre, y el espaciamiento utilizado fue de 0,9 m entre hileras y de 0,20 m entre plantas.

El delineamiento experimental fue de bloques completamente al azar, con tres repeticiones y con siete tratamientos. Cada unidad experimental estaba representada por un área de 25 m², totalizando 21 unidades experimentales y 525 m² de área total que fue utilizado para dicho experimento.

En cada bloque, se ensayaron cuatro dosis de superfosfato simple: 00 – 60 – 120 – 180 Kg/ha de P₂O₅, resaltando que en condiciones normales la dosis de P₂O₅ para el cultivo del maíz no sobrepasaría de los 200 Kg/ha.

Además fue utilizado el fertilizante foliar (Vitepe), con la siguiente composición química: N= 10%, P₂O₅= 10%, K₂O= 5%, Mg= 0,8%, S= 3%, Mn= 0,1%, Zn= 1%, Cu= 1% y Fe= 0,3%, cuya dosis recomendada de aplicación para el maíz es de 6 litros por hectárea y con 2 periodos de aplicaciones, la primera aplicación a los 20 a 30 días después de la germinación, con una repetición luego de 20 a 30 días. Este producto fue aplicado en los tratamientos que recibieron 60; 120 y 180 kg/ha de P₂O₅, con una dosis para cada tratamiento de 0,021 litros de Vitepe en 0,5 litros de agua. En cada unidad experimental, dentro del área útil, fueron cosechados 9 m² del cultivo, y con los resultados de rendimiento de cada tratamiento se realizó regresiones teniendo como variables dependientes los rendimientos promedios de las plantas.

Se realizó también Análisis de la varianza para detectar diferencias entre los 7 tratamientos comparados (T₁= 0

kg/ha P_2O_5 , $T_2=60$ kg/ha de P_2O_5 , $T_3=120$ kg/ha de P_2O_5 , $T_4=180$ kg/ha de P_2O_5 , $T_5=60$ kg/ha de P_2O_5 + Vitepe, $T_6=120$ kg/ha de P_2O_5 + Vitepe, $T_7=180$ kg/ha de P_2O_5 + Vitepe), y finalmente la prueba de F, y cuando ésta resultaba significativa, fue realizada la prueba de Tukey 5% para detectar los tratamientos con mayores rendimientos promedios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción promedio de maíz se vio incrementada con las diferentes dosis de fósforo. Según el análisis de varianza, existió diferencias significativas entre los diferentes tratamientos comparados.

Tabla 2. Resumen de análisis de varianza de producción de maíz con diferentes dosis de fertilizante fosfatado y fertilizante foliar.

FV	GL	SC	CM	F
Tratamientos	6	21163978,8360	3527329,8060	3,64*
Bloques	2	1528509,5826	764254,7913	0,79 ^{NS}
Error	12	11640188,3598	970015,6967	
Total	20	34332676,7784		

* Significativo al 5%; CV: 18,61%

Tabla 3. Medias de la producción de maíz con diferentes dosis de fósforo, complementado con fertilizante foliar.

Tratamientos	Dosis de P_2O_5 (kg.ha ⁻¹)	Dosis Fertilizante Foliar (L.ha ⁻¹)	Producción (kg.ha ⁻¹)
T ₁ (testigo)	0	0	3.703 b
T ₂	60	0	4.814 ab
T ₃	120	0	5.555 ab
T ₄	180	0	5.925 ab
T ₅	60	12	4.444 ab
T ₆	120	12	7.037 a
T ₇	180	12	5.555 b

Según la prueba de medias (Tukey 5%) los tratamientos con 120+12; 180+0; 120+0; 60+0 y 60+12 (kg de P_2O_5 y L/ha) son semejantes. Los tratamientos 0; 60+12; 60+0; 180+12; 120+0 y 180+0 kg/ha + L/ha de P_2O_5 y Vitepe, son semejantes y el tratamiento 120+12 respectivamente fue superior al tratamiento testigo.

Sin la aplicación del fertilizante fosfatado la producción fue 3703 kg/ha; aumentando la dosis de P_2O_5 a 60 kg/ha hubo un incremento en la producción. Sólo con la dosis de 180 kg/ha P_2O_5 se obtuvo un mayor rendimiento de maíz 5926 kg/ha.

La complementación de P_2O_5 con el fertilizante foliar resultó en un buen incremento, con la dosis de 120 kg/ha P_2O_5 con un rendimiento de 7.037 kg/ha, demostrando un aumento de 1.481 kg/ha de producción, en relación a la parcela que no recibió fertilizante foliar. Para la dosis 60 kg/ha P_2O_5 y 180 kg/ha no se observaron interacción positiva.

El análisis de regresión dio un modelo cuadrático con un coeficiente de determinación ($R^2=1$), lo que indica que en estas condiciones no existieron otros factores (otros nutrientes, enfermedades, clima, plagas, etc.) que influenciaron en los rendimientos.

A partir de la ecuación se determinó la máxima eficiencia física ($\bar{y}$ max) 5.974 kg/ha, que se obtuvo con la dosis de 210 kg/ha P_2O_5 . Para obtener el 90% de $\bar{y}$ max la dosis recomendada (DR) es de 102 kg/ha P_2O_5 , (véase Tabla 4).

Tabla 4. Ecuación de regresión de La producción de maíz en función a la dosis de P_2O_5 , con la dosis para la máxima eficiencia física (D.M.E.F.), dosis recomendada para el 90% de la $\bar{y}$ max, coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de correlación.

Dosis de P_2O_5 (kg/ha)	Ecuación	D.M.E.F. Kg/ha de P_2O_5	Y máx Kg/ha	D. R. Kg/ha de P_2O_5	R ²	R %
00 60 120 180	$Y = 0,0514x^2 + 21,605x + 3703,7$	210,165	5.974,01 1	102,36	1	100

CONCLUSIÓN

En las condiciones en que fue realizado el presente experimento se concluye:

La práctica de la fertilización con el fósforo en todos los niveles proporciona aumento de la producción de maíz;

La dosis de P_2O_5 para obtener la óptima producción de maíz fue de 102 kg/ha.

La mejor interacción entre el fósforo y el fertilizante foliar se dio en el tratamiento con 120 kg/ha de P_2O_5 + 12 L/ha de fertilizante foliar (vitepe).

LITERATURA CITADA

- FLORENTÍN, M. A. 1996. Dosis y métodos de aplicación de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y proteicos en el cultivo de maíz en siembra directa, en la Zona Norte del Paraguay. Capitán Miranda, PY: Ministerio de Agricultura y Ganadería. 12 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CR). 1989. Compendio de agronomía tropical. San José, Costa Rica. Tomo 2. 693 p.
- LORENTE HERRERA, J. B. 1997. Biblioteca de la agricultura. España, ES: Emege. Tomo 2., p 472 - 476.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería. Py). DCEA (Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuaria) 2000. Producción agropecuaria: síntesis estadística. San Lorenzo, Py. 98 p.
- SOULE M.J.; OCHSE J.J.; WEHLGURG C. 1986. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales. México, MX: usa. 2 v. 855 p.