

# EFECTO DE LA FERTILIZACION POTASICA SOBRE EL TENOR DE POTASIO INTERCAMBIABLE DE CINCO SUELOS DEL PARAGUAY Y EL CRECIMIENTO DE MAIZ - *Zea mays* L<sup>1</sup>

Gustavo Daniel Riveros Campuzano<sup>2</sup>

Hector J. Causarano M.<sup>3</sup>

Maria Del Pilar Galeano S.<sup>4</sup>

## ABSTRACT

In the Facultad de Ciencias Agrarias of the Universidad Nacional de Asunción, Paraguay, it was studied the effect of the application of five levels of potassium (0, 50, 100, 150 and 200 kg/ha of K<sub>2</sub>O) over the growth of maize plants, on soils coming from five different zones of the country (Hernandarias, Yguazú, Tte. Irala Fernández, Tacuati and San Lorenzo). A trial was conducted in pots located in a greenhouse. The experimental design was completed randomized blocks with factorial arrangement of 5x5x3 (five soils, five dose and three replications). It was detected response to potassium fertilization in green matter of shoots increased with the application of 150 and 200 kg/ha in the soils of Yguazú and Tacuati, respectively. Daily growth rate in all soils except Tte. Irala Fernández increased, the best levels were 150 kg/ha in Hernandarias and Yguazú, and 200 kg/ha in Tacuati and San Lorenzo; it was also determined that plant height can be used as a parameter to estimate green and dry matter of shoots. The residual potassium in the soil increased when potassium application was increased in the soils of Hernandarias, Yguazú and Tte. Irala Fernández, the effect was not clear in the soils of Tacuati and San Lorenzo. The critical level of exchangeable potassium in the soil was 0.18 cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup> in the five studied soils.

**Key words:** Potassium fertilization, exchangeable potassium, soil of Paraguay, growth of maize.

## RESUMEN

En la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, Paraguay, fueron estudiados los efectos de la aplicación de cinco dosis de potasio (0, 50, 100, 150 y 200 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), sobre el crecimiento de plantas de maíz, utilizando suelos provenientes de cinco zonas diferentes del país (Hernandarias, Yguazú, Tte. Irala Fernández, Tacuati y San Lorenzo). El estudio fue realizado en macetas, ubicadas en invernadero. El diseño experimental fue el de bloques completos al azar con arreglo factorial de 5x5x3 (cinco suelos, cinco dosis y tres repeticiones). Fue detectada respuesta a la fertilización potásica en la materia verde del follaje en los suelos de Yguazú y Tacuati, con la aplicación de 150 y 200 kg/ha, respectivamente. Las tasas de crecimiento diario aumentaron en todos los suelos, excepto en el de Tte. Irala Fernández, siendo mayores con la adición de 150 kg/ha en los suelos de Hernandarias e Yguazú y, con 200 kg/ha en los suelos de Tacuati y San Lorenzo; además se determinó que la altura de plantas puede utilizarse como parámetro para estimar la materia verde y seca del follaje. El potasio residual en el suelo aumentó al aumentar las dosis de potasio en los suelos de Hernandarias, Yguazú y Tte. Irala Fernández, no siendo claro el efecto de la aplicación en los suelos de Tacuati y San Lorenzo. El nivel crítico de potasio intercambiable en el suelo fue de 0,18 cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup> para los cinco suelos estudiados.

**Palabras clave:** Fertilización potásica, potasio intercambiable, suelos del Paraguay, crecimiento de maíz.

1 Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, UNA, como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

2 Ingeniero Agrónomo, egresado de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNA.

3 Ingeniero Agrónomo (M. Sc.), profesor orientador, Facultad de Ciencias Agrarias, UNA.

4 Ingeniera Agrónoma (M. Sc.), profesora coorientadora, Facultad de Ciencias Agrarias, UNA.

## INTRODUCCIÓN

Los tres macronutrientes que se aplican con mayor frecuencia a cultivos agrícolas son nitrógeno, fósforo y potasio; en el Paraguay se ha dado mayor importancia a los dos primeros, lo que se debió principalmente a que los suelos agrícolas eran ricos en potasio. Sin embargo, y sobre todo en suelos sometidos a una alta extracción del potasio, como son aquellos donde se cultivan en sucesión trigo y soja, y donde la tasa de reposición es inferior a la cantidad extraída, acarrear a mediano y largo plazo, limitaciones de producción debido a la deficiencia de potasio (Bastos, 1987).

Una de las principales causas de la disminución del tenor de potasio disponible en suelos tropicales es la lixiviación hacia las capas profundas del perfil del suelo por las aguas de percolación, principalmente en suelos arenosos (Büll et al., 1990).

Los ensayos en macetas, realizados en invernadero, pueden proveer información relevante para establecer las relaciones entre suelo y planta, comparar diferentes fuentes y dosis de fertilizantes, así como diferentes métodos de análisis de suelo. Una ventaja de los ensayos en macetas es la posibilidad de controlar las condiciones ambientales y reunir suelos de regiones distintas en un mismo sitio, lo que representa un importante ahorro de tiempo y recursos económicos.

El análisis de suelo es una herramienta útil para conocer la concentración de los elementos esenciales para las plantas, pero se necesita que los valores del análisis sean contrastados con los rendimientos de los cultivos (Raij, 1991). En el caso particular del potasio, una buena calibración permitirá determinar si la cantidad de potasio disponible en el suelo es suficiente para el desarrollo del cultivo a ser implantado. En caso que no sea suficiente, existen parámetros para recomendar la cantidad de fertilizante a aplicar, siendo el cloruro o muriato de potasio (KCl) la principal fuente de ese elemento (Bastos, 1987; Bahia et al., 1983).

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la respuesta de plantas de maíz a la aplicación de dosis crecientes de potasio y estudiar el comportamiento del potasio en cinco suelos distintos: Hernandarias, Yguazú, Tacuati, San Lorenzo y Tte. Irala Fernández; y utilizar la información obtenida para producir una curva de calibración de análisis de suelo para potasio en los cinco suelos mencionados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, ubicada en el Distrito de San Lorenzo, Departamento Central del Paraguay (25° 21' latitud sur y 57° 27' longitud oeste y a 125 msnm), durante el periodo comprendido entre el

Para el montaje del experimento se utilizaron macetas, fabricadas de tubos plásticos (P. O) de 10 cm de diámetro cortados cada 28 cm, suelos provenientes de cinco zonas del país: Colonia Yguazú (textura franco arcillosa) Hernandarias (textura arcillosa) Tacuati (textura arenosa), Tte. Irala Fernández (textura arenosa) y San Lorenzo (textura franco arenosa) y el híbrido de maíz BR-106, que fueron ubicados en invernadero. Las muestras de suelo se colectaron de la camada de 0 - 20 cm. Los resultados del análisis químico de las muestras de suelo utilizadas se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados del análisis químico de las muestras utilizadas en el experimento.

Suelo	pH	M.O. %	P Mg kg <sup>-1</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> -H <sup>+</sup>
				cmol. kg <sup>-1</sup>				
Yguazú	5,30	0,91	2,83	2,30	0,56	0,34	0,01	0,00
Hernandarias	5,59	2,55	8,48	4,05	0,78	0,34	0,01	0,00
Tacuati	5,80	0,84	4,24	0,83	0,30	0,20	0,01	0,00
Tte. Irala Fernández	5,50	0,34	4,24	1,75	1,07	0,28	0,06	0,00
San Lorenzo	4,68	0,53	4,97	0,71	0,29	0,08	0,02	0,78

De acuerdo con la tabla de interpretación de análisis de suelo que se utiliza actualmente en el Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, el suelo de San Lorenzo presenta nivel bajo de potasio, los suelos de Tacuati y Tte. Irala Fernández presentan nivel medio y los suelos de Yguazú y Hernandarias nivel alto.

El diseño experimental empleado fue el de bloques completos al azar con arreglo factorial de 5x5x3 (cinco suelos, cinco dosis y tres repeticiones). Las dosis utilizadas fueron 0, 50, 100, 150 y 200 kg ha de K<sub>2</sub>O.

Todas las macetas recibieron 500 kg ha de cal agrícola, una fertilización uniforme de 200 kg ha de fosfato diamónico y 100 mL por semana de una solución diluida de micronutrientes compuesta por ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>), sulfato de Manganeso (MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O), sulfato de zinc (ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O), sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O) y ácido molibdicó (H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O), para prevenir cualquier limitación de esos nutrientes.

Las variables medidas fueron materia verde del follaje, tasa de crecimiento diario, relación entre altura de plantas y la materia verde y seca del follaje, relación entre el potasio aplicado y el potasio residual y, el tenor de potasio intercambiable en el suelo.

Los datos obtenidos de las variables estudiadas fueron evaluados mediante análisis de varianza (ANAVA). Además se realizaron análisis de regresión para determinar las curvas de respuesta a la fertilización potásica en cada suelo.

Para el establecimiento de la relación entre los resultados del análisis de suelo y la respuesta del cultivo a la fertilización potásica se determinó el nivel crítico del potasio en el suelo, utilizando las producciones relativas obtenidas a partir de las curvas de respuesta, con los valores calculados por las ecuaciones de regresión, para dosis cero y producción máxima y los niveles de potasio encontrados en el suelo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto de niveles crecientes de potasio sobre la producción de materia verde del follaje del maíz.

Utilizando los rendimientos promedios de materia verde del follaje del maíz, no se detectaron diferencias estadísticas significativas en los suelos de Hernandarias, Tte. Irala Fernández y San Lorenzo. Esto se debería a que los niveles iniciales de potasio encontrados en los suelos de Hernandarias y Tte. Irala Fernández fueron alto y

medio respectivamente, no ocurriendo respuesta a la aplicación de dosis crecientes del fertilizante. En el suelo de San Lorenzo, a pesar de presentar niveles iniciales bajos de potasio, probablemente su bajo contenido de nutrientes y su pH ácido influyeron para que otro factor sea el limitante para el crecimiento de las plantas, dejando al potasio en un plano secundario. Solo en los suelos de Yguazú y Tacuatí se encontraron diferencias estadísticas significativas.

Las curvas de respuesta a dosis crecientes de  $K_2O$ , con las ecuaciones de regresión para los cinco suelos en estudio a partir de las cuales se determinaron los puntos de producción con la aplicación de  $K_2O$  y sin la aplicación de  $K_2O$  para el cálculo de las producciones relativas se presentan en la Figura 1. Los valores de producción relativa obtenidos del ajuste de las curvas de respuesta se utilizaron para la determinación del nivel crítico del potasio en el suelo.

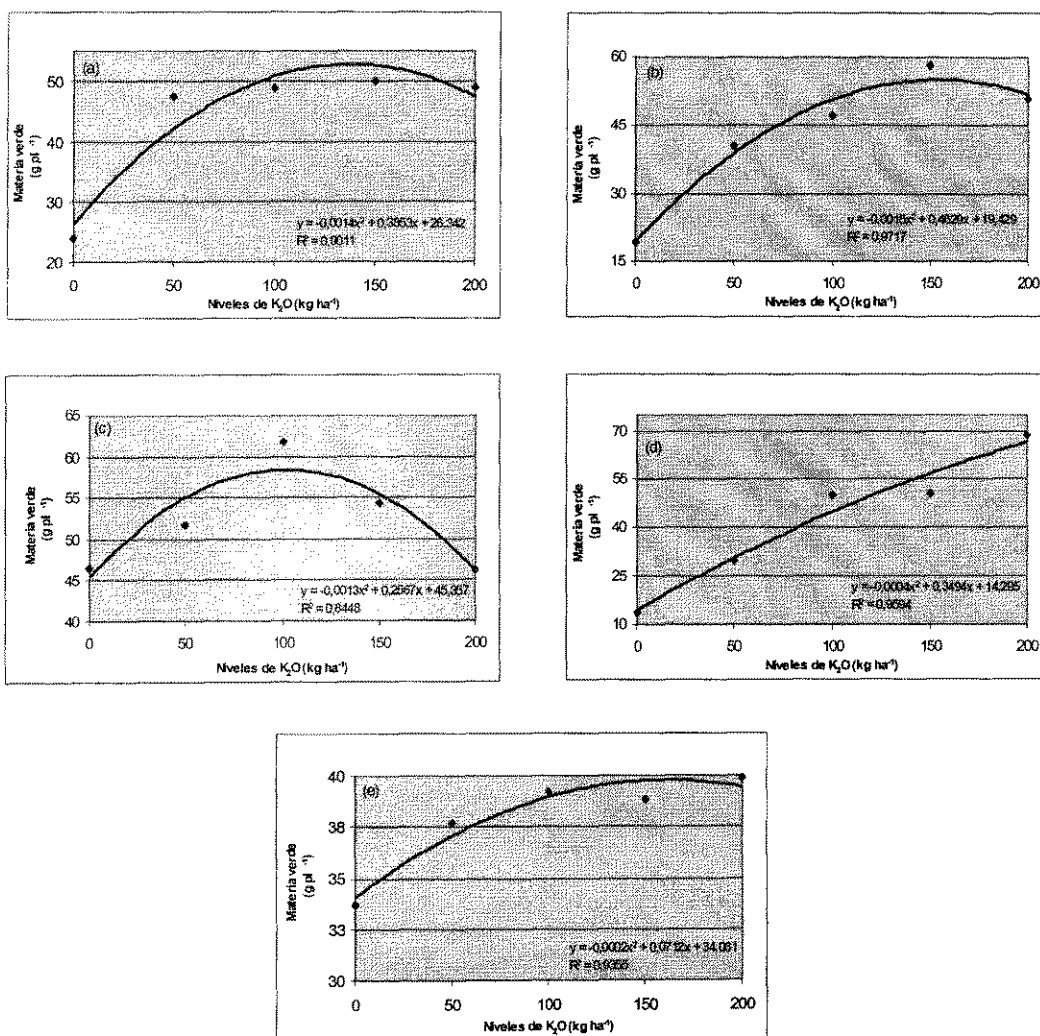


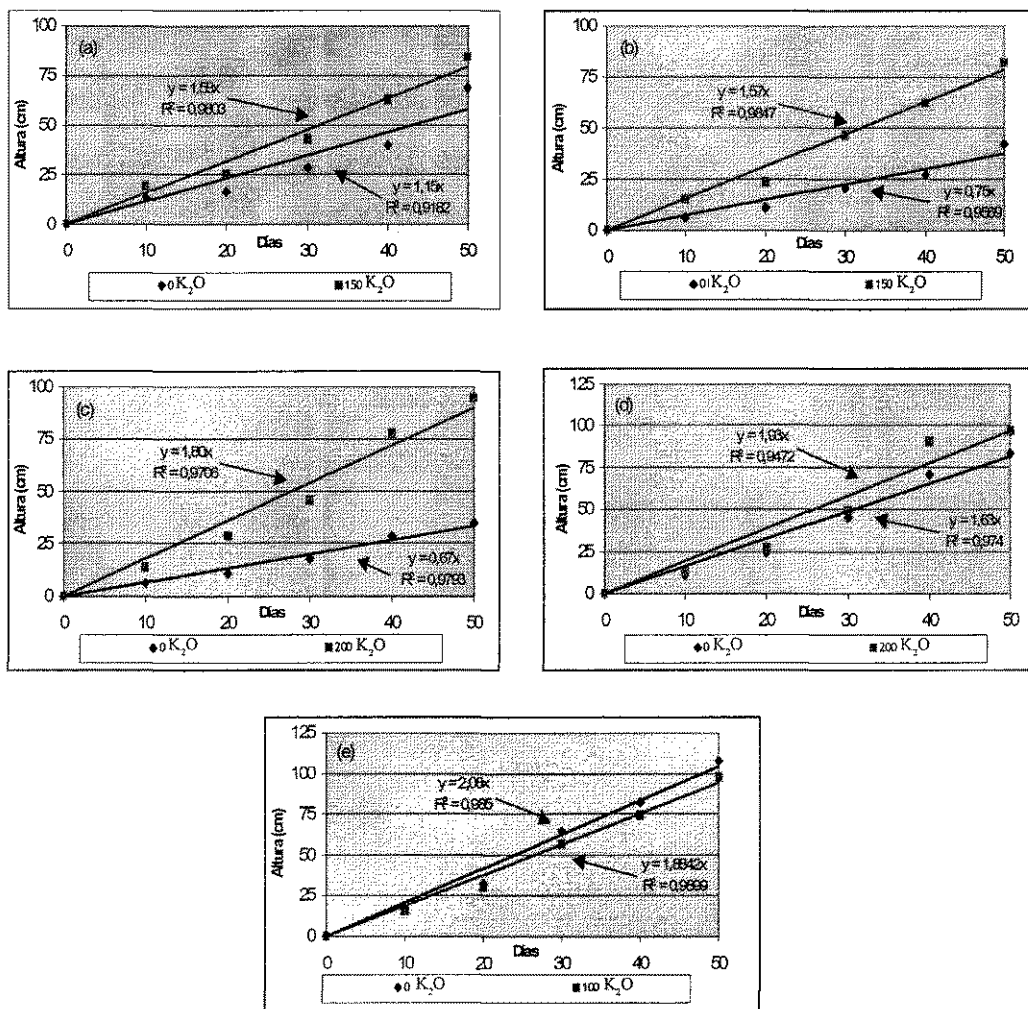
Figura 1. Relación entre los niveles de  $K_2O$  aplicados al suelo y el rendimiento en materia verde del follaje del maíz en los suelos de Hernandarias (a), Yguazú (b), Tte. Irala Fernández (c), Tacuatí (d) y San Lorenzo (e).

Como se observa en la Figura 1, en los suelos de Hernandarias e Yguazú los máximos rendimientos físicos se registraron con la aplicación de 140 y 150 kg/ha de  $K_2O$ , respectivamente. En el suelo de Tte. Irala Fernández el óptimo rendimiento agronómico se obtuvo con la aplicación de 100 kg/ha de  $K_2O$ , mientras que en los suelos de Tacuati y San Lorenzo los mayores rendimientos se registraron con la aplicación de 200 y 180 kg/ha de  $K_2O$ , respectivamente. El valor de los interceptos de las ecuaciones presentadas en la Figura 1 señala el rendimiento obtenido sin la aplicación de  $K_2O$ ; de esta forma, el mayor rendimiento se obtendría en el suelo del Tte. Irala Fernández y el menor en el suelo de Tacuati, entre estos extremos se ubican los suelos de San Lorenzo, Hernandarias e Yguazú

### Efecto de la adición de potasio sobre la tasa de crecimiento diario del maíz

La tasa de crecimiento diario del maíz, comparando el tratamiento sin la aplicación de  $K_2O$  y la altura de los tratamientos con los que se obtuvieron los mayores rendimientos promedios de materia verde del follaje en los cinco suelos estudiados, se presentan en las ecuaciones de la Figura 2.

Durante el periodo comprendido entre la siembra y los 50 días posteriores, la relación entre la altura de plantas y el tiempo transcurrido fue lineal. Como se observa en la Figura 2, en los suelos de Hernandarias, Yguazú, Tacuati y San Lorenzo las tasas de crecimiento diario del maíz fueron mayores con la aplicación de  $K_2O$ . Las mayores diferencias en la tasa de crecimiento fueron observadas en Yguazú y Tacuati, donde prácticamente se triplicó este parámetro con la adición del nutriente, mientras que la menor diferencia se observó en Tte. Irala Fernández, donde se constató con la aplicación de  $K_2O$  la mayor tasa de crecimiento.



**Figura 2.** Evolución de la altura y tasa de crecimiento diario del maíz sin la adición de  $K_2O$ ; y con la adición de 150 kg/ha en Hernandarias (a) e Yguazú (b), 200 kg.ha<sup>-1</sup> en Tacuati (c) y San Lorenzo (d) y 100 kg.ha<sup>-1</sup> en Tte. Irala Fernández (e).

## Relación entre la altura de plantas y el rendimiento en materia verde y materia seca del follaje del maíz

La relación entre la altura de plantas y el rendimiento en materia verde y materia seca del follaje del maíz, utilizando los resultados de los cinco suelos estudiados se presentan en la Figura 3.

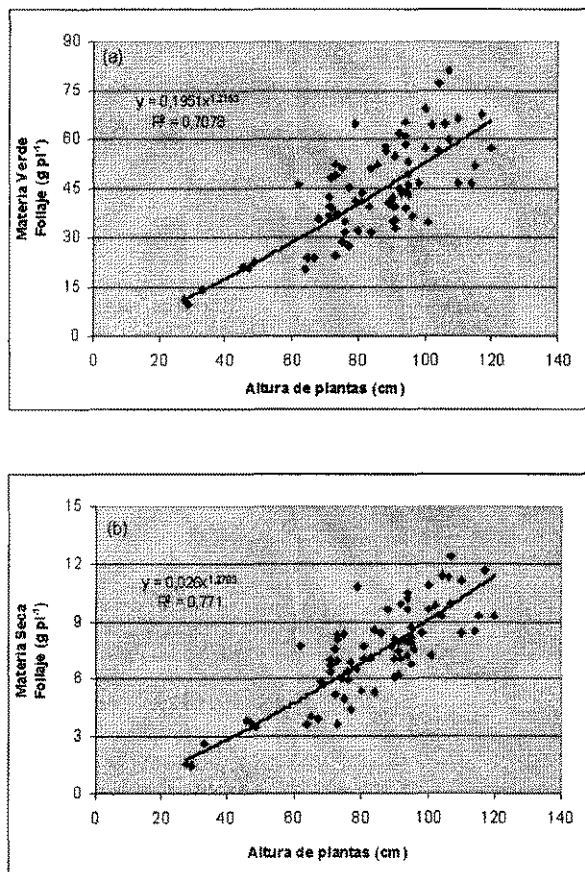


Figura 3. Relación entre la altura de plantas y el rendimiento en materia verde (a) y materia seca (b) del follaje del maíz.

Como se observa en la Figura 3, existe una relación directa entre la altura de plantas y el rendimiento en materia verde y materia seca del follaje del maíz. La existencia de esta relación indica que la altura de plantas puede utilizarse como parámetro para estimar el rendimiento de la materia verde y materia seca del follaje del maíz. Además, comparando los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de las ecuaciones de regresión presentadas en la Figura 3 (a) y (b) se observa que la relación entre ambas variables aumenta al remover el contenido de agua, indicando que los resultados de la materia seca poseen una desviación menor y pueden ser utilizados con mayor confianza en el análisis de estas relaciones.

## Relación entre el potasio aplicado y el potasio residual en el suelo

La relación existente entre el potasio aplicado y el potasio residual en los cinco suelos evaluados se encuentra en la Figura 4.

Como se observa en la misma, en los suelos de Hemandarias, Yguazú y Tte. Irala Fernández, al aumentar las dosis de  $K_2O$ , aumenta el potasio residual en el suelo, siendo más marcada esa tendencia en el suelo de Hemandarias y menos marcada en el suelo de Yguazú. Esto se debe a que el contenido inicial de potasio en esos suelos fue de alto a medio, tendiendo a aumentar con la aplicación de dosis crecientes del fertilizante potásico. Además de su contenido inicial alto, el suelo de Hemandarias presenta textura arcillosa, lo que le confiere mayor capacidad para retener al potasio. Sin embargo, lo que permitió a los suelos de Yguazú y Tte. Irala Fernández aumentar el potasio residual no fue su textura, sino su contenido inicial (alto y medio) de potasio. En la Figura 4, también se observa que en los suelos de Tacuatí y San Lorenzo no existe relación entre el potasio aplicado y el residual. Esto probablemente se deba a que durante la aplicación del riego al cultivo, el potasio se fue perdiendo por lixiviación, debido al alto contenido de arena de estos suelos, especialmente el de Tacuatí, a pesar de que su contenido inicial de potasio fue medio. Además de la influencia de la lixiviación en la pérdida del potasio en el suelo de San Lorenzo, influyó también su contenido inicial extremadamente bajo del nutriente. Ambos suelos presentaron un contenido residual de potasio inferior al contenido inicial del nutriente en el suelo, lo que indica la pérdida del potasio debido al proceso mencionado.

## Calibración de análisis de suelo para potasio

La Figura 5 presenta los puntos de calibración de análisis de suelo para potasio y la determinación del nivel crítico siguiendo el método gráfico de Cate & Nelson<sup>1</sup> citado por Raji (1991).

Como se observa en la Figura 5, el valor por debajo del cual se espera que exista respuesta a la aplicación de potasio (nivel crítico) es de  $0,18 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ . Este valor es mayor a los encontrados por Borkert et al., (1993) y (Souza<sup>2</sup> citado por Borkert et al., 1993); similar al encontrado por (Siquiera et al.<sup>3</sup> citado por Borkert et al., 1993) y menor al encontrado por (Sfredo et al.<sup>4</sup>, citado por Borkert et al., 1993).

1 CATE, R.; NELSON, L. 1965. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data. Raleigh: International Soil Testing. 24 p (Technical Bulletin, 1).

2 SOUZA, D. 1984. Calagem e adubação da soja nos cerrados. Planaltina. EMBRAPA-CPAC. 9 p.

3 SIQUIERA, O.; SCHERER, E.; TASSINARI, G.; ANCHINONI, I.; PATELLA, J.; TEDESCO, M.; MILAN, P.; ERNANI, P. 1987. Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Passo Fundo. EMBRAPA-CNPQ. 100 p.

4 SFREDO, G.; CAMPO, R.; MUZZILLI, O.; PALHANO, J.; BORKERT, C.; LANTMANN, A. 1980. Recomendação de adubação para a soja no Estado do Paraná. Londrina. EMBRAPA-CNPSo. 5 p.

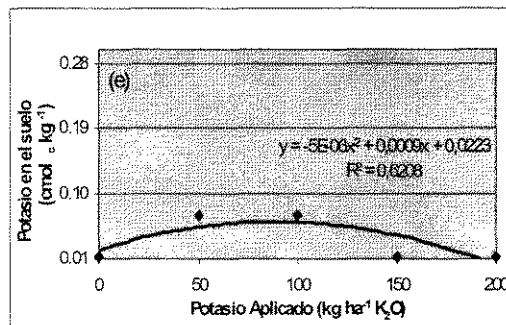
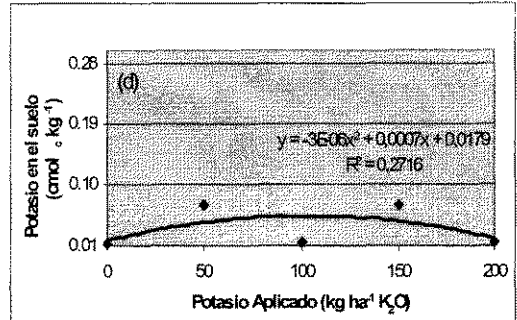
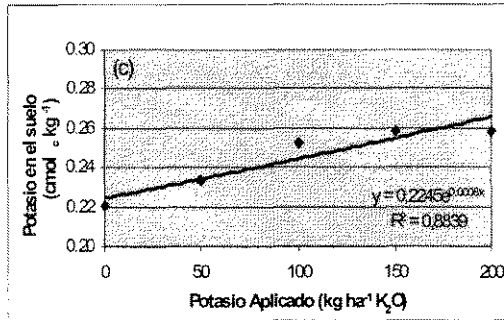
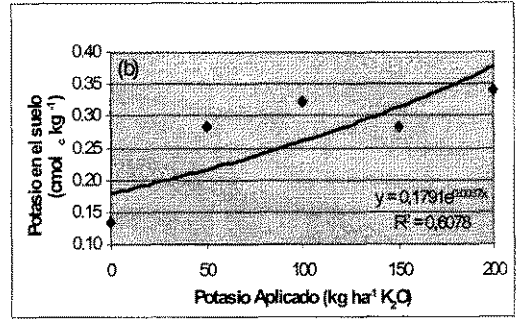
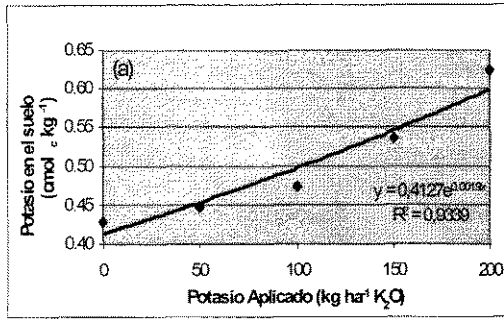


Figura 4. Relación entre el potasio aplicado y el potasio residual en los suelos de Hernandarias (a), Yguazú (b), Tte. Irala Fernández (c), Tacuatí (d) y San Lorenzo (e).

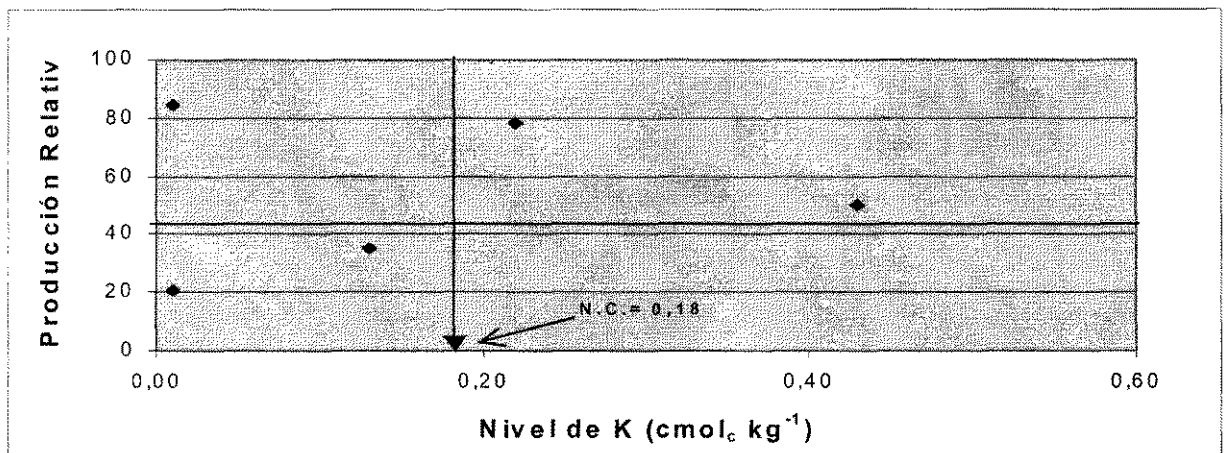


Figura 5. Puntos de calibración de análisis de suelo y determinación del nivel crítico.

## CONCLUSIONES

En las condiciones del presente experimento se puede concluir que:

- ♦ La adición de potasio tuvo un efecto sobre la producción de materia verde del follaje y el potasio residual en el suelo.
- ♦ La altura de plantas puede utilizarse como parámetro para estimar el rendimiento de la materia verde y materia seca del follaje del maíz.
- ♦ El valor por debajo del cual se espera que exista respuesta a la aplicación de potasio, en los cinco suelos, es de 0,18 cmolc kg<sup>-1</sup>.

## LITERATURA CITADA

- BAHIA FILHO, A.; VASCONCELOS, C.; SANTOS, H.; FRANCA, G.; PITTA, G. 1983. Manejo da fertilidade do solo. In: EMBRAPA. Recomendações técnicas para o cultivo do milho. 2° ed. Brasília. p. 45 – 81.
- BASTOS, E. 1987. Guia para o cultivo do milho. Sao Paulo, Brasil: Icone. 190 p.
- BORKERT, C.; SFREDO, G.; DA SILVA, D. 1993. Calibração de potásio trocavel para soja latossolo roxo distrófico. Ciencia do solo (BR) 18: 223 – 226.
- BULL, L.; VIEIRA, J.; NAKAGAWA, J. 1990. Relações de características físicas e químicas com a lixiviação de potásio nativo de solos da região de Botucatu (SP), avaliadas em condições de laboratório. Científica (BR) 18 (1): 9 – 20.
- RAIJ, B. 1991. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo, Piracicaba: Ceres, Potafos. 343 p.