

## EFFECTO RESIDUAL DE APLICACIONES DE POTASIO EN MOLISOLES DE CORRIENTES (ARGENTINA)

R J MELGAR<sup>1</sup>, M M FIGUEROA<sup>2</sup>, M C SANABRIA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INTA. Est. Exp. Pergamino CC. No. 31 - 2700 - Pergamino - Argentina, <sup>2</sup>Secretaría de Ciencia y Técnica, UNNE, Corrientes, Argentina y <sup>3</sup>Est. Exp. Corrientes INTA. CC. No. 57 - 3400 - Corrientes Argentina

### RESIDUAL EFFECT OF POTASSIUM FERTILIZER ON MOLLISOLS OF CORRIENTES (ARGENTINA)

The investment in potassium fertilizers for cash crop in Corrientes may be still paid off in the following cattle rotation since it would result in higher yield and quality of pastures. This work determined the residual effect of several rates of applied potassium during three consecutive crops of cotton (*Gossypium hirsutum*, L.) in the next period of a pasture of setaria (*Setaria anceps*, L.). Yield of dry matter (DM) and potassium concentration on DM were evaluated in three forage cuts at 7, 14 and 19 months after planting. The residual levels of exchangeable potassium increased the pasture productivity as related to the total amount of applied potassium up to a difference of 1.5t ha<sup>-1</sup> with the check treatment without applied potassium. The biggest effect was observed in the first forage harvest and decreased to almost nil effect on the third cut. The potassium exported, correlated with the decrease of exchangeable potassium observed in the soil profile. However, the balance of crop and soil potassium, suggests that the clay minerals yield more potassium proportionally than related to exported potassium; the bigger this effect the lower the soil potassium levels.

**Key words:** Potassium responses - *Setaria anceps* - Potassium depletion.

### INTRODUCCION

El potasio como macro nutriente está mas generalmente asociado a factores de calidad de las cosechas antes que al aumento físico de los rendimientos. No obstante, son numerosas las referencias donde el mayor volumen de producción de biomasa está asociado a niveles crecientes de potasio en el suelo, (Mengel, Kirkby 1980). En particular, es común el uso de fertilización potásica en planteos de producción intensiva de forraje, que han sido estudiados en ambientes de suelos deficientes, (Vicente-Chandler *et al*, 1962, Ritchey 1979, Vilela *et al*, 1986) y sobre pasturas naturales en suelos de Corrientes, (González *et al*, 1993). En ambos casos las respuestas al agregado de potasio fueron significativas. No obstante la estructura de producción de los sistemas ganaderos de Corrientes, difícilmente pueda justificar económicamente el agregado de potasio para aumentar la oferta forrajera para un manejo de cría. Siendo la fertilización con potasio una práctica relativamente común en planteos de elevado nivel tecnológico en los Molisoles de Corrientes, sea para algodón, arroz o cultivos hortícolas, se deseó estimar cuanto debería considerarse el período completo de amortización de una fertilización en la rotación completa, y específicamente para el caso del potasio.

Durante tres años (1990-1992) se llevó a cabo un ensayo de respuesta de algodón al agregado de fertilización con potasio, conducidos consecutivamente en el mismo sitio. Luego de evaluarse el efecto sobre el algodón, (Melgar, *et al*, 1994), se procedió a evaluar el efecto residual de esas aplicaciones sobre una pastura de setaria sembrada a continuación. El objetivo de este trabajo fue cuantificar el aumento del rendimiento de una pastura de setaria como resultado de los niveles mas altos de potasio intercambiable producto de la fertilización residual de un ciclo agrícola previo, así también como establecer un balance entre las cantidades de potasio del suelo y las extraídas por el forraje.

### MATERIAL Y METODOS

El experimento fue conducido en la Estación Experimental de Corrientes, Argentina (57° O, 27° S) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. El suelo del sitio está clasificado como de la serie Treviño, (Argiudol ácuico, franco fino, mixto hipertérmico). Al comenzar la experiencia, muestras del horizonte arable presentaron las siguientes características químicas 17 g kg<sup>-1</sup> de materia orgánica, pH (en agua 1:2.5) 5.4 y 16 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo disponible (Bray 1). El horizonte superior es franco arenoso (13 % de arcilla) y aumenta en profundidad. El clima de la región ha sido clasificado como húmedo, mesotérmico con poca o nula deficiencia de agua de acuerdo con el sistema de Thornthwaite. Los tratamientos del ensayo sobre algodón fueron cuatro niveles de potasio (0, 25, 50 y 75 kg ha<sup>-1</sup>) aplicados cada año en el ensayo,

asignados a un diseño experimental de bloques aleatorizados con seis repeticiones por cada tratamiento. Los tratamientos no fueron realeatorizados cada año. El potasio fue aplicado como cloruro en bandas, en una única vez a la emergencia, totalizó 75, 150 y 225 kg Kha<sup>-1</sup>.

La pastura de *Setaria anceps* var. narok fue sembrada el 18 de septiembre de 1992. Los cortes se realizaron a los 7, 14 y 19 meses después de la siembra. El lote recibió tres fertilizaciones regulares de nitrógeno como urea, al volteo y en cobertura, a razón de 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno por aplicación, que se realizaron: 1) 63 días después de la siembra, 2) una vez que comenzara el período primaveral de crecimiento del segundo año, 47 días antes del segundo corte, y 3) febrero de 1994, 64 días antes del tercer y último corte. Se realizó manualmente el control de malezas cuando fue necesario. El rendimiento de (MST) materia seca total, se evaluó en los 8 m<sup>2</sup> centrales un corte a 10 cm de altura, de un ancho de un metro por la longitud de la parcela. Luego de pesar y tomar submuestras para la evaluación del contenido de agua y concentración de potasio en el forraje, se realizó un corte emparejador, en toda la parcela, retirando el forraje de la parcela. Muestras del forraje cortado se enviaron al laboratorio para determinación de la concentración de potasio en el tejido. Todo el material vegetal fue secado durante 48 hs a 60 °C. Para la determinación de nutrientes fue tomada una muestra compuesta de cada tratamiento, molida y enviada al laboratorio para la determinación de potasio. Sobre la digestión húmeda, el potasio por fotometría de llama, (Jones, Case 1990). Este resultado combinado con la producción de materia seca total (MST) expresó la cantidad de absorción total del potasio. Se asume que el contenido de potasio en las raíces es constante para los tratamientos y que el potasio acumulado por el testigo representa el potasio suministrado por las reservas naturales del suelo.

Se tomaron muestras de suelo de cada parcela para determinaciones de los valores de potasio residuales. Las muestras de suelo fueron tomadas de los 3 m centrales, a 20 cm de separación de las líneas de plantas. Al tercer año de experiencia, otro conjunto de muestras de suelo, adicionales a las superficiales, fueron tomadas de tres capas consecutivas de 15 cm, hasta 60 cm de profundidad de cada parcela. Las muestras de las primeras dos capas (0-15 y 15-30 cm) fueron compuestas por 30 submuestras y para las dos capas más profundas (30-45 y 45-60 cm) por 12 submuestras tomadas con un barrenador. Las submuestras fueron tomadas al azar dentro de cada parcela, evitando un patrón sistemático debido a la distribución del fertilizante potásico en bandas realizado sobre el algodón. En las muestras de suelo se realizaron determinaciones de cationes intercambiables extraídos con acetato de amonio 1 M. El calcio y magnesio fueron determinados en el extracto por complejometría con EDTA y el potasio y sodio por fotometría de llama. Para el balance de las cantidades de potasio del perfil de suelo perdidas durante la experiencia, se asumió una densidad aparente de 1.3 kg dm<sup>-3</sup>. Si bien es un valor esperable para el horizonte arable de la serie de suelo utilizada en esta experiencia, (Ligier *et al.*, 1993), considerar este valor para capas más profundas no supone un error tan grande que invalide la discusión de los resultados.

La producción de los tres cortes se expresó en t ha<sup>-1</sup> de MST por corte y acumulados en cada período. El análisis estadístico fue realizado considerando todos los cortes para el experimento de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_{j(i)} + \delta_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde el término  $\mu$  es el promedio general y  $\epsilon$  es el error experimental,  $\alpha$ ,  $\beta$ , y  $\delta$  son los estimadores para el efecto de potasio total aplicado, de corte, de corte dentro del nivel de

potasio aplicado, y de bloque respectivamente. Los resultados fueron analizados también combinando los tres cortes totales. Los datos de análisis de suelo y absorción de potasio fueron analizadas como parcelas divididas, con los tratamientos de potasio como las parcelas principales y los cortes como subparcelas. El efecto de corte fue testado con el término de corte anidado dentro del nivel de potasio aplicado, considerando la naturaleza de muestreos repetidos. Los datos fueron analizados estadísticamente con el procedimiento de modelos lineales generales de SAS, (SAS Institute Inc., 1988).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Efecto del potasio sobre el rendimiento de forraje

En la Tabla 1 se detalla el efecto del potasio aplicado en la producción de MST en cada corte y la producción acumulada. En los tres cortes el comportamiento fue similar, evidenciándose un leve aumento en la producción de MST a medida que aumentaron las cantidades totales de potasio aplicado, que fue mas acentuado en el nivel mas alto. El segundo corte rindió menos que los dos ya que corresponde a la producción invierno-primaveral, a diferencia del primero y el tercero, resultado de la producción estivo-otoñal, con mayores temperaturas y humedad.

De los valores correspondientes a cada corte se desprende que el efecto residual disminuyó con el tiempo, de modo que la diferencia en producción de MST entre el tratamiento testigo y de potasio mas alto es superior a 1 t ha<sup>-1</sup>; para el segundo corte esta diferencia es de aproximadamente 0,5 t ha<sup>-1</sup> y para el tercer corte casi no hubo diferencias. El efecto lineal del potasio sobre la producción acumulada en el año y medio que duraron las evaluaciones fue significativo, ( $P < 0,05$ ), y la diferencia total acumulada de 1,4 t ha<sup>-1</sup> equivaldría a unos 100 kg carne ha<sup>-1</sup>, considerando las tasas de conversión usuales y un aprovechamiento sin pérdidas.

### Disminución de los niveles de potasio en el suelo

Tabla 1. Efecto residual de aplicaciones de potasio sobre la producción de materia seca total y concentración de potasio en tres cortes de setaria.

Potasio aplicado (kg ha <sup>-1</sup> )	Materia seca total (t ha <sup>-1</sup> )			Acumulado	Concentración de potasio (%)		
	Corte 1	Corte 2	Corte 3		Corte 1	Corte 2	Corte 3
0	5,04	3,47	4,55	13,1	1,84	2,22	1,72
75	5,12	3,51	4,68	13,3	1,92	2,40	1,86
150	5,53	3,48	4,24	13,3	1,95	3,00	2,04
225	6,15	3,97	4,35	14,4	2,24	2,44	2,08
Media	5,46	3,61	4,45		1,99	2,52	1,93
C.V. %	32,4	23,6	28,0		14,8	24,0	17,5

La Figura 1 muestra la variación de los niveles de potasio intercambiable en distintas capas de suelo, aumentando según las cantidades de potasio aplicado durante la experiencia anterior, y disminuyendo a medida que transcurrieron los cortes de forraje. Se observa que la mayor disminución del contenido de potasio en el suelo es más acentuada entre el primer y segundo muestreo, que entre éste y el tercero, en las tres profundidades consideradas. Esta reducción es más notable en la capa arable, llegando los valores de potasio intercambiable hasta un 50 % menos en el segundo muestreo para el nivel más alto de potasio total aplicado. A medida que aumenta la profundidad, hasta los 45 cm, si bien el comportamiento de la variación del contenido de potasio fue similar, las disminuciones fueron menos marcadas que la zona superficial. Estas variaciones estarían de acuerdo con evaluaciones separadas del poder regulador para potasio de estos suelos, que revelan un bajo poder regulador y muy bajo potencial de fijación del potasio aplicado (Conti *et al*, 1991).

Se interpreta que las disminuciones de potasio en el suelo fueron exclusivamente por la extracción por el forraje, ya que una vez cortadas las parcelas se retiraba la producción, sugiriendo que la disminución sería proporcional a la distribución de las raíces de las pasturas de gramíneas, y porque no se verifica ninguna acumulación de potasio en las capas más profundas que podrían indicar lixiviación. Es interesante destacar que las parcelas sin aplicación de potasio como fertilizante, al comienzo de la experiencia anterior tenían  $0,19 \text{ cmol kg}^{-1}$  (Melgar *et al* 1993) y con las tres cosechas de algodón y tres cortes de setaria disminuyeron hasta  $0,15 \text{ cmol kg}^{-1}$ , representando una disminución porcentual cercana al 20 %. Esta disminución explica la degradación actual por el uso agrícola observada en este tipo de suelo sin agregado de fertilizantes (Ligier *et al* 1993).

#### Balance del potasio del suelo y exportado por el forraje

Como ya se discutió, el efecto residual de las aplicaciones de potasio afectó no solo la producción de materia seca total, sino también la concentración de potasio en el forraje (Tabla 1). El efecto determinó diferencias significativas entre el control y los tratamientos fertilizados ( $P < 0,05$ ), así como un efecto lineal creciente y significativo ( $P < 0,01$ ). Este efecto residual es coincidente con lo observado en pasturas naturales en Corriente (González *et al*, 1993). La concentración promedio de potasio fue significativamente mayor en el segundo corte, de menor producción de MST, que en las producciones estivo-otoñales (efecto de corte  $P < 0,01$ ), probablemente por un efecto de dilución-concentración.

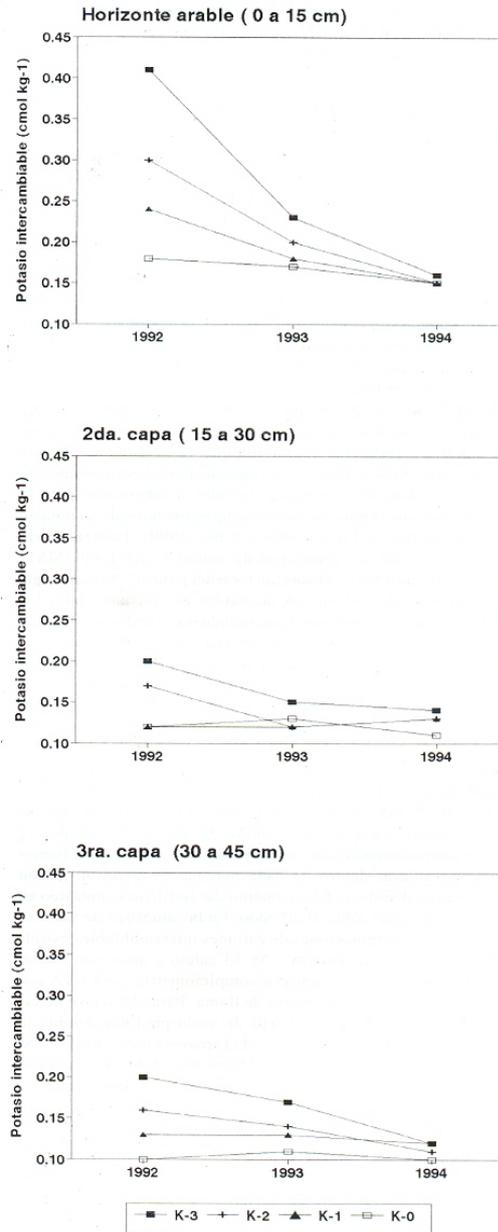


Figura 1. Variación del potasio intercambiable en distintas profundidades del perfil de suelo en relación a las cantidades totales de potasio aplicado y el tiempo de duración de la experiencia.

El efecto combinado de mayor producción de MST y concentración de potasio, resultó en un efecto significativo de los niveles de potasio asimilable en el suelo sobre las cantidades de potasio absorbidos por el forraje y exportados con los sucesivos cortes. En la Figura 2 se ilustra como a medida que avanzó la experiencia, el efecto residual, medido como potasio absorbido por el forraje disminuyó con los cortes, repitiéndose los efectos demostrados para las variables descritas. Las elevadas cantidades involucradas de potasio removido son aproximadamente equivalentes a otros trabajos (Vicente-Chandler *et al.*, 1962); sin embargo, el uso de la tierra en los sistemas ganaderos de la zona de Corrientes, donde las praderas son pastoreadas *in situ*, no indica que una cantidad como las mencionadas son efectivamente removidas del lugar.

La Tabla 2 cuantifica las cantidades de potasio involucradas en el balance del potasio del suelo y el cultivo, discriminadas por capa y por nivel de potasio total aplicado. Las pérdidas de potasio del perfil entre 1992 y 1993 acumularon 198 kg ha<sup>-1</sup>, y desde 1993 hasta 1994, 297 kg ha<sup>-1</sup>, para los tratamientos con mas potasio total aplicado. El balance de estas pérdidas con las cantidades extraídas de potasio, y acumuladas por los tres cortes de forraje, mostradas en la última columna de la Tabla 2, es netamente negativo, ya que la pastura extrajo 26, 106, 201 y 217 kg ha<sup>-1</sup> mas de potasio del suelo que la cantidad que disminuyó para los tratamientos ensayados. Este balance sugiere que los minerales de arcilla del suelo continúan entregando potasio mas allá de los niveles indicados por el potasio intercambiable, y este efecto es mas pronunciado cuanto mas extenuado está el suelo en potasio asimilable. Esta observación es coincidente con otros autores, que sugieren que los cultivos motivan una extracción de fracciones de potasio no intercambiable, al utilizar las plantas el potasio del suelo hasta agotar la fracción del potasio de la solución del suelo (Cox, Uribe 1992, Martin, Sparks 1983; Sparks 1987).

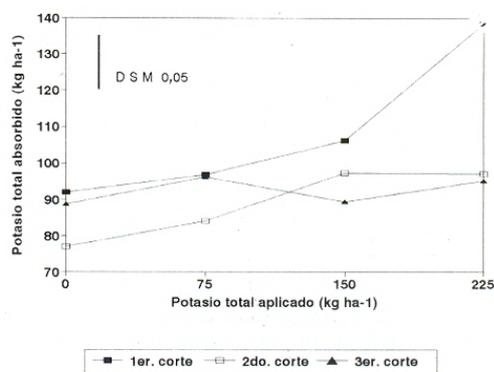


Figura 2. Niveles acumulativos y en cada corte, de potasio extraído en el forraje de *Setaria* en relación a las dosis de potasio aplicado.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocemos y agradecemos la invaluable colaboración y vocación de servicio. J. I. Meza y D. Berges, así como al resto del personal auxiliar y técnico de la Estación Experimental Corrientes. Trabajo financiado parcialmente por el Instituto Internacional de la Potasa, Basilea, Suiza.

Tabla 2. Disminución del potasio disponible en las distintas capas del suelo en relación al extraído por la pastura para los períodos de muestreo señalados.

Potasio total aplicado kg ha <sup>-1</sup>	1992 - 1993				1993 - 1994				Potasio extraído	
	Profundidad del perfil				Profundidad del perfil				1993	1994
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
	0-15	15-30	30-45	0-45	0-15	15-30	30-45	0-45		
0	8	-8	-8	-8	15	15	8	38	169	247
75	46	0	0	46	23	-8	8	23	181	269
150	76	38	15	129	38	-8	23	53	204	288
225	137	38	23	198	53	8	38	99	236	323

El efecto combinado de mayor producción de MST y concentración de potasio, resultó en un efecto significativo de los niveles de potasio asimilable en el suelo sobre las cantidades de potasio absorbidos por el forraje y exportados con los sucesivos cortes. En la Figura 2 se ilustra como a medida que avanzó la experiencia, el efecto residual, medido como potasio absorbido por el forraje disminuyó con los cortes, repitiéndose los efectos demostrados para las variables descritas. Las elevadas cantidades involucradas de potasio removido son aproximadamente equivalentes a otros trabajos (Vicente-Chandler *et al*, 1962); sin embargo, el uso de la tierra en los sistemas ganaderos de la zona de Corrientes, donde las praderas son pastoreadas *in situ*, no indica que una cantidad como las mencionadas son efectivamente removidas del lugar.

La Tabla 2 cuantifica las cantidades de potasio involucradas en el balance del potasio del suelo y el cultivo, discriminadas por capa y por nivel de potasio total aplicado. Las pérdidas de potasio del perfil entre 1992 y 1993 acumularon 198 kg ha<sup>-1</sup>, y desde 1993 hasta 1994, 297 kg ha<sup>-1</sup>, para los tratamientos con mas potasio total aplicado. El balance de estas pérdidas con las cantidades extraídas de potasio, y acumuladas por los tres cortes de forraje, mostradas en la última columna de la Tabla 2, es netamente negativo, ya que la pastura extrajo 26, 106, 201 y 217 kg ha<sup>-1</sup> mas de potasio del suelo que la cantidad que disminuyó para los tratamientos ensayados. Este balance sugiere que los minerales de arcilla del suelo continúan entregando potasio mas allá de los niveles indicados por el potasio intercambiable, y este efecto es mas pronunciado cuanto mas extenuado está el suelo en potasio asimilable. Esta observación es coincidente con otros autores, que sugieren que los cultivos motivan una extracción de fracciones de potasio no intercambiable, al utilizar las plantas el potasio del suelo hasta agotar la fracción del potasio de la solución del suelo (Cox, Uribe 1992, Martin, Sparks 1983; Sparks 1987).

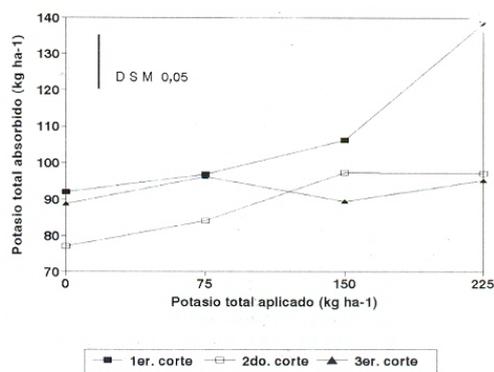


Figura 2. Niveles acumulativos y en cada corte, de potasio extraído en el forraje de *Setaria* en relación a las dosis de potasio aplicado.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocemos y agradecemos la invaluable colaboración y vocación de servicio. J. I. Meza y D. Berges, así como al resto del personal auxiliar y técnico de la Estación Experimental Corrientes. Trabajo financiado parcialmente por el Instituto Internacional de la Potasa, Basilea, Suiza.

Tabla 2. Disminución del potasio disponible en las distintas capas del suelo en relación al extraído por la pastura para los períodos de muestreo señalados.

Potasio total aplicado kg ha <sup>-1</sup>	1992 - 1993				1993 - 1994				Potasio extraído	
	Profundidad del perfil				Profundidad del perfil				1993	1994
	(m)				(m)					
	0-15	15-30	30-45	0-45	0-15	15-30	30-45	0-45		
0	8	-8	-8	-8	15	15	8	38	169	247
75	46	0	0	46	23	-8	8	23	181	269
150	76	38	15	129	38	-8	23	53	204	288
225	137	38	23	198	53	8	38	99	236	323

## REFERENCIAS

- Conti, ME, de la Horra AM, Polcan EL 1991. Capacidad de suministro de potasio de suelos agrícolas argentinos. Rev. Facultad de Agron. UBA 12 :53-61
- Cox, FR Uribe E 1992. Potassium in two humid tropical Ultisols under a corn and soybean cropping system: II. Dynamics. Agron. J. 84 :480-484
- Gonzalez M, Efron, D Jimenez, MP Royo Pallares O 1992. Efecto residual de la fertilización con fósforo y potasio en pasturas forrajeras naturales. XIV Cong. Arg. Ciencia del Suelo: 115-116
- Jones, JB, Jr, Case VW 1990. Sampling, handling and analyzing plant tissue samples. Pag. 389-428. En RL Westerman (Ed.) Soil testing and plant analysis. Third edition. Number 3. Soil Sci. Soc. of Am. Book series. Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Madison, WI. Pág. 389-428
- Ligier, HD, Melgar RJ Miranda J 1993. Degradación de suelos bajo monocultivo algodónero en el NW de Corrientes. XIV Cong. Arg. Ciencia del Suelo: 309-310
- Martin, HW Sparks DL 1983. Kinetics of non-exchangeable potassium release from two Coastal Plain soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:883-887
- Melgar, RJ, Méndez MA Figueroa, MM Sanabria, MC, Gimenez L 1994. Efecto del nitrógeno y el potasio sobre el rendimiento de fibra, cápsula y biomasa total del algodón en Corrientes. Ciencia del Suelo. 12: 68-74
- Mengel K y Kirkby E 1980. Potassium in crop production. Adv. Agron. 33:59-110
- Ritchey, KD 1979. Potassium fertility in Oxisols and Ultisols of the humid tropics. Cornell Int. Agric. Bull. 37. Cornell Univ., Ithaca, NY
- Sparks, DL 1987. Potassium dynamics in soils. Adv. Soil Sciences. 6: 2-63
- SAS Institute, Inc. 1988. SAS/STAT Users guide. Edition 6.03. SAS Institute, Inc. Cary, NC. Pág. 549-640
- Vicente-Chandler, A, Pearson, RW Abruna, F y Silva, S 1962. Potassium fertilization of intensively managed grasses under humid tropical conditions. Agron. J. 78:450-453
- Vilela, L, da Silva JE, Richtey KD y Gomes de Sousa DM 1986. Potasio en solos dos cerrados. Tecnologías e estrategias de manejo. Ed. W.J. Goedert. EMBRAPA, CPAC, Brasil Pag. 203-222