

Fertilización potásica en cultivos de secano sin laboreo en Uruguay: rendimiento según análisis de suelos

Barbazán Mónica¹, Bautes Carlos², Beux Licy³, Bordoli Martín¹, Cano Juan Diego², Ernst Oswaldo¹, García Adriana⁴, García Fernando⁵, Quincke Andrés⁴

¹Facultad de Agronomía. Av. Garzón 780, Montevideo. C.P. 12900- Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Correo electrónico: mbarbaz@fagro.edu.uy

²Asesor privado.

³CALMER: Cooperativa Agraria Limitada Mercedes.

⁴INIA: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria.

⁵IPNI: International Plant Nutrition Institute.

Recibido: 9/9/10 Aceptado: 15/8/11

Resumen

Los objetivos de este estudio fueron resumir la información reciente generada en el país sobre fertilización potásica y encontrar un nivel crítico orientativo de potasio (K) en el suelo para varios cultivos realizados en Uruguay, usando el método de análisis de K más difundido. Los datos provienen de 50 experimentos de respuesta a K en cultivos de cebada, trigo, maíz, soja, sorgo y girasol, realizados durante el período 2004 a 2010, en suelos de diferente textura y niveles de K intercambiable, llevados a cabo por distintos grupos de trabajo. Las dosis de fertilización aplicadas variaron entre 0 a 240 kg/ha de K₂O y en todos los casos se usó KCl aplicado al voleo a la siembra. Se observó aumento de rendimiento por el agregado de K en 15 de 50 sitios (Pr < 0,10). Para la determinación del nivel crítico se incluyeron los tratamientos testigo (sin K) y el promedio de las dosis de 60 y 120 kg/ha de K₂O. Considerando todos los sitios y cultivos, el nivel crítico de K intercambiable encontrado fue 0,34 meq/100 g de suelo. Este valor debería tomarse como indicador provisorio de suelos deficientes en K. Los resultados obtenidos demuestran la necesidad de profundizar los estudios de la dinámica de este nutriente en suelos de Uruguay.

Palabras clave: K intercambiable, nivel crítico, cereales, oleaginosas

Summary

Fertilization with Potassium in Crops Under no-tillage in Uruguay: Yield Response Based on Soil Testing

The objectives of this study were to summarize the recent information generated in the country related to the potassium fertilization and find a tentative critical level of Potassium (K) in soil for various crops in Uruguay, using the most widely used K soil test. The data come from 50 K-response experiments in barley, wheat, corn, soybeans, sorghum, and sunflower, conducted by different working groups from 2004 to 2010, in soils with different texture and exchangeable K levels. The fertilizer rates ranged from 0 to 240 kg/ha of K₂O and in all cases the source of K was broadcasted KCl at planting date. Potassium fertilizer increased crop yield in 15 of 50 sites (Pr < 0.10). To determine the critical level, we included the control treatments (without K) and the average of the rates of 60 and 120 kg/ha of K₂O. Across all sites and crops, the critical level of exchangeable K was 0.34

meq/100 g soil. This value should be taken as a preliminary indicator of K deficiency in soils. The results demonstrate the need for further studies of the dynamics of this nutrient in soils of Uruguay.

Key words: exchangeable K, critical level, cereal, oilseed.

Introducción

Las decisiones de fertilización con K en cultivos extensivos de Uruguay se han basado en tomar como niveles críticos tentativos de K intercambiable el rango de 0,20 – 0,25 meq de K/100 g de suelo (o $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) para suelos de texturas medias y de 0,35 meq/100 g para suelos de texturas más pesadas, usando el método de extracción con acetato de amonio 1 M, el cual es el más ampliamente usado a nivel internacional. Por encima de estos valores no se esperaba encontrar respuesta a la fertilización con K. Por otra parte, la actividad agrícola en el país se había concentrado históricamente en suelos con niveles naturales medios a altos de K intercambiable (Hernández, 1997, Hernández *et al.*, 1988), por lo cual en la mayoría de los cultivos no se recomendaba la fertilización potásica. Esta recomendación se fundamentaba en que los resultados nacionales, a pesar del reducido número de ensayos y/o años por estudio realizado, habían indicado escasa o nula respuesta al agregado de K. Esos estudios habían sido realizados en su mayoría con soja en sistemas de laboreo convencional y en suelos menos fértiles, como algunos suelos de texturas franco-arenosas y bajos contenidos de materia orgánica del noreste del país, donde podría esperarse respuesta a la fertilización potásica.

Por otra parte, en otras regiones, como los sistemas bajo laboreo del cinturón de maíz de EE.UU. hasta el año 2002 se recomendaba como rango óptimo los valores de 0,23 - 0,33 meq/100 g (ó 90-130 mg/kg) (Voss, 1982). Esas recomendaciones se habían basado en una gran serie de experimentos de respuesta regionales de corto y largo plazo, incluyendo un amplio rango de valores de K en el suelo, varias dosis de fertilizante potásico y muchos años de evaluación en suelos representativos de la región. Esa información sirvió de referencia para elaborar los criterios de fertilización potásica manejados en Uruguay, al no contar con una red de experi-

mentos local. La Guía para fertilización de cultivos menciona tres niveles de potasio (bajo: menos de 0,15 meq/100 g, medio: entre 0,15 y 0,30 y alto: más de 0,30) declarándolos como «de referencia» y argumentando que no se había encontrado respuesta a K en los ensayos realizados (Oudri *et al.*, 1976).

Actualmente la expansión agrícola en Uruguay ha incluido suelos con restricciones para la agricultura, con niveles de K considerados bajos para la producción de cultivos extensivos. En algunos de esos suelos Moir y Reynaert (1962) ya habían reportado respuesta a la fertilización potásica en varios experimentos de trigo de un total de 57 sitios con laboreo convencional, evaluados durante el año 1961, realizados a pedido de la Comisión Honoraria del Plan de Fomento y Desarrollo Agropecuario.

Más tarde, los relevamientos nutricionales en cultivos de maíz de predios dedicados a la producción láctea de la zona de Young (litoral del país, con suelos de texturas livianas) y de la cuenca lechera (sur del país, con suelos de texturas medias y pesadas) (Morón y Baethgen, 1996) y en *Lotus corniculatus* L. (Barbazán *et al.*, 2007) abarcando numerosos tipos de suelos y años, indicaron que habría evidencia de posibles deficiencias de K atribuidas a bajos niveles de K en el suelo, sugiriendo la necesidad de profundizar en la dinámica de K en Uruguay. La validez de los relevamientos nutricionales radica en que se selecciona un cultivo como indicador de la fertilidad de los suelos, con muestras de plantas y suelos tomadas en un momento dado, buscando asociaciones entre ambos datos analíticos para poder interpretar los resultados. Por lo tanto, no sólo es un relevamiento del estado nutricional de un cultivo, sino también de los niveles de nutrientes en el suelo, que pueden ser tomados para interpretar las necesidades de fertilización para otros cultivos. En esos relevamientos nutricionales se encontraron valores de K intercambiable muy bajos, del orden de 0,08 meq/100 g, los cuales pueden sugerir la existencia de alta probabilidad de deficiencia de K en varios culti-

vos. En un relevamiento de suelos desarrollados sobre areniscas cretácicas, de texturas franco arenosas y franco-arenoarcillosas de 19 sitios del departamento de Soriano durante mayo y junio de 2007, tomando muestras de 0-15 cm de profundidad, Bautes *et al.* (2009) encontraron valores de K intercambiable en el rango de 0,15 a 0,45 meq/100g, con 4 sitios con valores iguales o menores a 0,20 meq/100 g y 9 sitios con valores entre 0,21 y 0,30 meq/100g, los cuales podrían considerarse como valores cercanos a los niveles críticos tentativos para suelos de texturas medias a livianas.

Estudios más recientes en el centro del país, en el norte (Cano *et al.*, 2007) y en el litoral oeste (Bautes *et al.*, 2009; Cano *et al.*, 2009; García *et al.*, 2009) reportan en algunos casos respuesta a K en suelos aún con niveles de K intercambiable considerados medios a altos. Estos estudios se han realizado en su mayoría en situaciones de siembra directa, donde la dinámica de los nutrientes presenta diferencias con la existente en laboreo convencional (Bordoli, 2001). El reconocimiento de esta diferente dinámica fue una de las razones para que a partir del 2002 en el cinturón maicero de EE.UU. se cambiaran los valores de las categorías o clases, donde la clase óptima de los años 60 pasó a ser considerada en la categoría de bajo nivel de K (Sawyer *et al.*, 2002).

Además, la intensificación de la agricultura utilizando cultivos de mayor potencial productivo y produciendo 1,5 cultivos por superficie y por año (DIEA, 2010), puede haber producido cambios en la capacidad de reserva de K en los suelos del país que podrían llevar a un replanteo de estrategias a manejar en relación a las prácticas de fertilización potásica. En un sistema en equilibrio, el K intercambiable repone rápidamente el K en solución que es extraído por las plantas, el cual a su vez, es repuesto por el K no intercambiable o fijado, aunque a una velocidad menor. En un sistema sin aporte de K y con varios cultivos en un determinado período, como es el actual escenario de la agricultura del país, el impacto de esa continua extracción sobre estos equilibrios es desconocido. Un suelo que ha perdido K debido a reiteradas y elevadas extracciones, además de agotar sus reservas de K, aún en suelos originaria-

mente altos, puede llegar a tener una eficiencia de utilización de K agregado relativamente baja (Hernández, 1996, 1998).

El presente trabajo resume los principales resultados encontrados en esos estudios recientes de fertilización potásica, con el objetivo de establecer un nivel crítico de K en el suelo que permita orientar la necesidad de estudiar en profundidad el tema de la dinámica de K en estos esquemas de producción.

Materiales y métodos

La mayor parte de los resultados utilizados en este trabajo fueron publicados en forma separada por los distintos grupos de trabajo (Cano *et al.*, 2007, 2009; Bautes *et al.*, 2009; García *et al.*, 2009).

Según la Carta de Reconocimiento de Suelos (escala 1:1000.000) (MAP/DSF, 1976), los experimentos del Grupo Bautes-CALMER (de aquí en más Grupo Bautes) se ubicaron en los principales tipos de suelos de las Unidades Cuchilla de Corralito y Villa Soriano, de texturas franca y franco arenosa, y transicionales sobre las Unidades Bequeló y Riso, de texturas más pesadas (texturas limoarcillosas) y fueron conducidos durante los años 2007, 2008 y 2009. Los experimentos del Grupo Cano se situaron en suelos de las Unidades San Manuel, de textura franca, Fray Bentos, de textura más pesada (limoarcillosa), Young, de textura franca y Constitución, de textura franco arenosa, y corresponden a los resultados reportados por Cano *et al.* (2007, 2009) conducidos durante los años 2006, 2007 y 2008. El Grupo Bordoli incluyó suelos de las Unidades Isla Mala y Carpintería, con texturas limoarcillosa y franca y fueron realizados en el verano 2004-2005 y el Grupo INIA-LE (INIA La Estanzuela), suelos de textura limoarcillosa (de las Unidades de Ecilda Paullier-Las Brujas) y más livianas como los de las Unidades Young, Cañada Nieto y Cuchilla de Corralito, y fueron realizados durante el año 2008. Todos los ensayos fueron realizados en chacras comerciales por lo cual todas las prácticas agronómicas y la fertilización con otros nutrientes, excepto la cantidad de K aplicada y la cosecha, las realizó el productor de acuerdo al programa recomendado de manejo de cultivos. Excepto en los experimentos del Grupo Bordoli, en los demás casos,

el K fue aplicado a la siembra en cobertura. En los experimentos de Bordoli, el fertilizante se colocó en bandas de 5 a 10 cm de ancho y una profundidad de 15 a 25 cm, entre las hileras del cultivo. La refertilización con N de los cultivos de invierno en todos los experimentos se realizó aplicando urea de acuerdo con las recomendaciones en cada sitio comercial a partir del dato de análisis de $N-NO_3$ del suelo, realizado al estado de 5-6 hojas en los cultivos de girasol, maíz y sorgo, y a dos macollos (Z22) en los de cebada y trigo. Los cuatro grupos de trabajo usaron experimentos parcelarios dispuestos en un diseño experimental de parcelas al azar con dos y tres repeticiones. El tamaño de las parcelas del Grupo Bautes fue de 3 x 6 m, mientras que las del Grupo Bordoli fueron de 6 hileras de cultivo por 10 m de largo. Las parcelas del Grupo INIA-LE fueron de 12 hileras x 6 m. En los ensayos del Grupo Cano las parcelas fueron de 80 m de largo en el sitio de la Unidad Constitución y de 150 m en los demás sitios, por el ancho operativo de la sembradora.

En todos los sitios -sin historia de fertilización potásica- se tomaron al azar muestras compuestas por bloque (12-15 tomas con calador o taladro) de suelo a una profundidad de 0-15 o 20 cm, que fueron secadas con estufa de aire forzado por 48 horas a 40 °C y molidas hasta un tamaño menor a 2 mm. En cada muestra se midió K intercambiable por el método de extracción simple con acetato de amonio 1 M. El Cuadro 1 muestra información sobre los cultivos, fecha de siembra, cultivo anterior, K en el suelo y la respuesta a la fertilización potásica.

El método de cosecha de los experimentos difirió según el grupo de trabajo. En los grupos Bautes y Bordoli la cosecha se realizó en forma manual y la trilla con una máquina trilladora estacionaria. En INIA-LE la cosecha se realizó con cosechadoras combinadas para experimentos, mientras que los ensayos del grupo Cano la cosecha se realizó con cosechadora comercial, pesándose el grano de cada parcela en tolva experimental con balanza. Los rendimientos de cebada y soja fueron corregidos a 13,0% de humedad, sorgo y maíz a 14,0%, trigo a 13,0% y girasol a 14,5%. En total se trabajó con 50 ensayos, de los cuales 12 fueron de cebada, 12 de trigo, 10 de soja, 13 de maíz, dos de sorgo y uno de girasol.

Determinación del nivel crítico de K

El nivel crítico es definido como el valor de K en suelo que separa dos grupos de datos: los datos por encima de ese valor indican que hay menor probabilidad de respuesta cuando se incrementa la disponibilidad de K, mientras que por debajo de ese valor la probabilidad de respuesta al agregado de K es mayor. Los tratamientos incluidos para determinar el nivel crítico fueron un testigo (sin K) y dos dosis de K: 60 y 120 kg/ha de K_2O . Para los ensayos del Grupo Cano, se utilizó la información de los tratamientos 0 y 125 kg/ha de KCl. La separación en dos grupos de los datos de K intercambiable en el suelo se realizó utilizando el modelo gráfico propuesto por Cate y Nelson (1971), con un macro programado y usando la herramienta Solver del software de Microsoft Excel 1997 (Microsoft Inc., Redmond, WA). El método de Cate y Nelson (1971) es el que mejor se adaptó a este set de datos, y divide la población de puntos en un grupo de alta respuesta (puntos debajo del nivel crítico) y un grupo de baja respuesta (puntos por encima del nivel crítico) maximizando el coeficiente de determinación mediante aproximaciones sucesivas de niveles críticos. El término rendimiento relativo usado en este artículo se expresa como el rendimiento promedio de las parcelas sin fertilizante en relación al promedio del rendimiento de las parcelas fertilizadas, multiplicado por 100.

Resultados y discusión

En la mayoría de los casos hubo tendencia a incrementar el rendimiento con el agregado de K, con diferencias significativas ($P < 0,05$) en 10 de los 50 sitios, o en 15 ($P < 0,10$) de los 50 sitios. Estas diferencias se observaron en suelos que presentaron desde 0,15 a 0,44 meq/100 g de K intercambiable. Tomando como base el dato del análisis de suelos, en 14 sitios el K intercambiable estuvo en el rango de 0,15 a 0,30 meq/100 g y en el resto (36 sitios) los valores fueron superiores a 0,30. En los cuatro sitios con los valores más bajos de K intercambiable (menos de 0,20 meq/100 g), la respuesta al agregado de fertilizante potásico fue significativa ($P < 0,10$), como era esperable, pero de los 10 sitios con valores entre 0,20 y 0,30 meq/100 g se observó respuesta signifi-

Cuadro 1. Información de sitios, cultivares, fecha de siembra, K en el suelo y respuesta al agregado de K.

Grupo	Nº de sitio	Identificación de sitio	Cultivo	Hibrido/Varietad	Fecha siembra	Cultivo anterior†	K meq/100 g	Efecto K Pr > F
Bautes	1	F_cb07	cebada	INIA Ceibo	Jun 07	Sj1	0,37	0,001
Bautes	2	R_cb07	cebada	M. Danuta	Jun 07	Sj1	0,18	0,023
Bautes	3	S_cb07	cebada	INIA Ceibo	Jul 07	Sj1	0,24	0,001
Bautes	4	S_cb09	cebada	INIA Ceibo	Jun 09	Sj1	0,24	0,535
Bautes	5	Pir_cb	cebada	Ac Madi	Jun 08	Mz1	0,48	0,733
Bautes	6	ML14b	cebada	Arrayán	Jun 08	Sj1	0,30	0,460
Bautes	7	Pend_cb	cebada	Ac Madi	Jun 08	Sj1	0,34	0,733
Bautes	8	AREN_tr	trigo	Biointa 3000	Jun 08	Cb	0,80	0,271
Bautes	9	LM8b_tr	trigo	Golia	Jun 09	Sj2	0,31	0,087
Bautes	10	LM9_tr	trigo	Tijereta	Jun 09	Mz1	0,33	0,198
Bautes	11	MANC_tr	trigo	Baguette 13	Jun 08	Sj2	0,56	0,429
Bautes	12	Pir-L4mz1	maíz	NK 900	Oct 07	Sj2	0,48	0,387
Bautes	13	LM8bmz	maíz	SPS 2720	Nov 08	Sj1	0,28	0,254
Bautes	14	LM9mz	maíz	NK 900	Nov 08	Sj2	0,33	0,001
Bautes	15	Manc_mz	maíz 2a	DK 647	Nov 08	Tr	0,59	0,482
Bautes	16	LM8C mz1	maíz	DM 2740	Nov 07	Sj2	0,42	0,857
Bautes	17	Aren_sj	soja 2a	TJ 2055	Nov 08	Cb	0,80	0,831
Bautes	18	LM8C_sj	soja	TJ 2049	Nov 08	Mz	0,42	0,589
Bautes	19	Pir_sj	soja 2a	A 5777	Nov 08	Cb	0,48	0,158
Bautes	20	LM8B	soja	ADM 5.8i	Nov 07	Av	0,31	0,521
Bautes	21	Manc1	soja	A 4910	Nov 07	Sj2	0,56	0,390
Bautes	22	ML14B1	soja	A 6019	Nov 07	Prad	0,30	0,300
Bautes	23	ML14C1	soja	A 6019	Nov 08	Prad	0,25	0,301
Bautes	24	Pend1	soja	A 6001	Oct 07	Sgo	0,34	0,658
Bautes	25	S_sj	soja	A 6019	Nov 08	Sgo2	0,27	0,100
Bautes	26	LF2sj2	soja 2a	A 6126	Dic 07	Cb	0,32	0,005
Bautes	27	F_sorg	sorgo	DK 39T	Dic 08	Sj2	0,27	0,189
Bautes	28	SSorg2	sorgo 2a	M 102	Dic 07	Cb	0,34	0,660
Bautes	29	R_gir09	girasol	DK 3810	Nov 08	Sj2	0,19	0,022
Bordoli	30	Tejera	maíz	DK 682 MG CL	Ag 08	Campo bruto	0,51	0,880
Bordoli	31	Antonaccio	maíz	DK 682 MG CL	Set 04	Campo bruto	0,26	0,270
Bordoli	32	Pastoral	maíz	DK 682 MG CL	Set 04	Campo bruto	0,26	0,740
Cano	33	Const.(Salto)	maíz	MASS504MGCL	Dic 06	Prad	0,16	0,003
Cano	34	Young	maíz	MASS494MG	Dic 07	Sj1	0,15	0,010
Cano	35	Mercedes	maíz	MASS494MG	Set 07	Sj1	0,79	0,960
Cano	36	Paysandú	maíz	MASS494MG	Set 07	Sj1	0,83	0,890
Cano	37	La Mac08	maíz	Mass494MG	Oct 08	Sj1	0,33	0,113
Cano	38	Ladera alta	trigo	Klein Chajá	Ag 08	Sj1	0,33	0,013
Cano	39	Ladera Media	trigo	Klein Chajá	Ag 08	Sj1	0,33	0,065
Cano	40	Ladera alta	cebada	Daymán	Ag 08	Sj1	0,33	0,003
Cano	41	Ladera Media	cebada	Daymán	Ag 08	Sj1	0,33	0,413
INIA-LE	42	R.105(Dolores)	trigo	INIA D. Alberto	Jun 08	Sj1	0,80	0,213
INIA-LE	43	LE Ch20	trigo	INIA LE2345	Jun 08	Sj1	0,96	0,896
INIA-LE	44	LE Ch1b	trigo	INIA Chimango	Jun 08	Prad	1,10	0,164
INIA-LE	45	R.Angosto (Young)	trigo	ACA 901	Jun 08	Av	0,32	0,095
INIA-LE	46	SRRN (Young)	trigo	INIA Churrinche	Jun 08	Prad	0,40	0,179
INIA-LE	47	Ruta 3 (Young)	trigo	INIA D. Alberto	Jun 08	Sj1	0,44	0,092
INIA-LE	48	R. 105 (Dolores)	cebada	CLE 233	Jun 08	Sj1	0,80	0,841
INIA-LE	49	LE	cebada	-	Jun 08	Sj1	1,02	0,231
INIA-LE	50	Ruta 2	cebada	CLE 233	Jun 08	Sj1	0,75	0,145

†Av: avena; Cb: cebada; Mz: maíz; Sj: soja; Sgo: sorgo; Prad: pradera; TR: trébol rojo; Tr: trigo; 1, primera; 2, segunda.

cativa sólo en dos sitios, mientras que de los 36 sitios con más de 0,30 meq/100 g, donde no se esperaba respuesta, agregado de K incrementó el rendimiento en nueve sitios.

Dado que los experimentos incluidos en este estudio abarcaron diferentes condiciones climáticas, cultivos y variedades, dosis de fertilización potásica y respuesta a la fertilización con K, se trabajó con todos los datos en conjunto para minimizar el efecto de estas variables. Usando un 90% de rendimiento relativo, el nivel crítico encontrado fue de 0,34 meq/100 g de K en el suelo (Figura 1). Sin embargo, algunos sitios cayeron en el cuadrante superior izquierdo, indicando que el análisis de suelos era bajo pero, sin embargo, no existió respuesta al agregado de K; por otro lado también hubo algunas situaciones en el cuadrante inferior derecho, indicando que hubo respuesta al agregado de K aun cuando el dato del análisis de suelo era alto. Aunque este valor es más alto que el sugerido como tentativo para suelos de texturas livianas, se señala que en este trabajo no se hizo distinción por textura de suelos. Además, es necesario tener en cuenta que el dato de análisis de suelos, es una herramienta útil para la toma de decisiones de fertilización, pero no es perfecta. Probablemente las diferencias encontradas en el nivel crítico aquí presentado se deban a que tanto los materiales genéticos como el sistema de producción sin laboreo usados en estos estudios son diferentes a los de la década de los 60. En varios cultivos realizados bajo sistemas conservacionistas se han reportado deficiencias y respuestas a N, S, y K en forma más frecuente que bajo laboreo convencional, lo cual se debe a que en esas situaciones se produce, entre otros cambios, una mayor estratificación de nutrientes inmóviles, una mayor concentración de raíces en capas superficiales y una alta dependencia de la absorción de nutrientes con las condiciones de humedad (Bordoli, 2001). Por otro lado, el nivel crítico encontrado cae dentro del rango llamado óptimo de las recomendaciones actuales para el cinturón maicero de EE.UU., por lo cual podría considerarse un valor razonable.

Estos resultados constituyen un avance en el conocimiento de la respuesta a K en el país, no sólo porque se trata de experimentos locales, sino ade-

más porque se han realizado en situaciones de siembra sin laboreo y con las variedades usadas actualmente, aunque deben tomarse como una primera aproximación a esta problemática. Futuros estudios deberán enfocarse en estudiar la respuesta a K separando por textura y mineralogía de suelos y por cultivos, así como en estudios de la dinámica y reservas de K en los diferentes suelos agrícolas y el actual sistema de producción. La información adicional de textura y mineralogía predominante en la fracción arcilla, así también como la información acerca de la disponibilidad de K de capas más profundas de suelo (>15-20 cm), permitiría complementar el análisis de suelos y tener pautas más confiables sobre la probabilidad de respuesta de los cultivos al agregado de K.

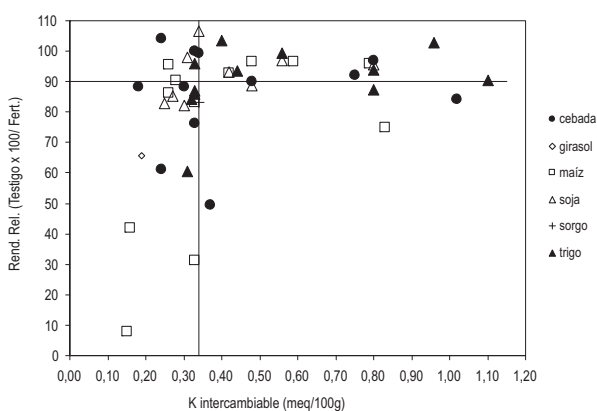


Figura 1. Nivel crítico para todos los cultivos. Cada punto es un sitio. El rendimiento relativo se calculó como la relación entre el rendimiento promedio del testigo y el rendimiento promedio de las dosis de 100 y 200 kg/ha de KCl por 100.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los propietarios y personal de los establecimientos y a las empresas AUSID (Asociación Uruguaya pro Siembra Directa), CALMER (Cooperativa Agraria Limitada Mercedes), Canpotex (Canadá), Cosechas del Uruguay, IPNI - Cono Sur (International Plant Nutrition Institute), ISUSA (Industria Sulfúrica Sociedad Anónima), LAM (Laboratorio Agroindustrial Mercedes) y Rutilan S.A., Uruguay, por el financiamiento parcial y apoyo prestado en la realización de las diferentes experiencias aquí presentadas.

Bibliografía

- Barbazán MM, Ferrando M, Zamalvide J. 2007. Estado nutricional de *Lotus corniculatus* en Uruguay. *Agrociencia*, 11(1): 22 - 34.
- Bautes C, Barbazán MM, Beux L. 2009. Fertilización potásica inicial y residual en cultivos de secano en suelos sobre Areniscas Cretácicas y transicionales. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, 41: 1 – 8.
- Bordoli JM. 2001. Dinámica de nutrientes y Fertilización en siembra directa. En: Díaz Rossello, R. (Ed.). *Siembra Directa en el Cono Sur*. Montevideo : PROCISUR. (Serie Documentos). pp. 289 -297.
- Cano JD, Ernst O, García F. 2009. Respuesta a la fertilización potásica en maíz en suelos de Uruguay con distinta capacidad de aporte. En: *Mejores prácticas de manejo para una mayor eficiencia en la nutrición de cultivos*. Rosario: International Plant Nutrition Institute. pp. 172 – 174.
- Cano JD, Ernst O, García F. 2007. Respuesta a la fertilización potásica en maíz para grano en suelos del noreste de Uruguay. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, 36: 9 - 12.
- Cate RB, Nelson LA. 1971. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. *Soil Science Society of America Proceedings*, 35: 658 – 660.
- DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2010. Capítulo II: Producción vegetal: Cultivos cerealeros e industriales. *Anuario estadístico agropecuario*, 2010. Consultado 30 setiembre 2011. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/Dieaanterior/Anuario2010/DIEA-Anuario-2010w.pdf>.
- García A, Quincke A, Pereira S, Díaz M. 2009. Respuesta a Cloruro de Potasio (KCl) en trigo y cebada. En: *Jornada de Cultivos de Invierno*: INIA La Estanzuela. Montevideo: INIA. (Actividades de Difusión: 566). pp. 13 - 18.
- Hernández J. 1998. Potasio. En: *Manejo de la fertilidad de suelos en sistemas extensivos (cultivos y pasturas)*. Montevideo: Facultad de Agronomía. pp. 15 - 17.
- Hernández J. 1997. Potasio. En: *Manejo de la fertilidad en producciones extensivas (Cereales y pasturas)*. Montevideo: Facultad de Agronomía. pp. 29 - 33.
- Hernández J. 1996. Potasio. En: *Curso de actualización en Fertilidad de suelos: temas generales de fertilidad de suelos*. Vol. 1. Montevideo: Facultad de Agronomía. pp. 3 - 6.
- Hernández J, Casanova O, Zamalvide J.P. 1988. Capacidad de suministro de potasio en suelos del Uruguay. *Boletín de Investigación (Facultad de Agronomía)*, (19): 20p.
- MAP-DSF (Ministerio de Agricultura y Pesca, Dirección de Suelos y Fertilizantes). 1976. Montevideo, Uruguay. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay.
- Moir TRG, Reynaert EE. 1962. Ensayos de fertilización de cultivos. Montevideo: Comisión Honoraria del Plan Agropecuario. 52p.
- Morón A, Baetghen W. 1996. Relevamiento de la fertilidad de los suelos bajo producción lechera en Uruguay. Montevideo: INIA. 16p. (Serie Técnica: 73).
- Oudri N, Castro JL, Doti R, Secondi de Carbonell A. 1976. Guía para fertilización de cultivos. Montevideo: MAP. 48p.
- Sawyer JE, Mallarino AP, Killorn R, Barnhart S.K. 2002. A General Guide for Crop Nutrient and Limestone Recommendations in Iowa. Iowa: Iowa State University. 20p.
- Voss RD. 1982. General guide for fertilizer recommendations in Iowa. Iowa : Iowa State University. 12p. (Publ. AG-65).