

## Respuesta del arroz a la fertilización potásica en el sistema uruguayo de manejo inundado

Ferrando Marcelo<sup>1\*</sup>, Fernández Mariano<sup>2</sup>, Barbazán Mónica M<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos y Aguas. Avenida Garzón 780, 12900 Montevideo, Uruguay. Correo electrónico: mferrand@fagro.edu.uy*

<sup>2</sup> *Asesor privado*

Recibido: 2016-06-22    Aceptado: 2017-10-02

### Resumen

Recientes relevamientos nutricionales y estudios de respuesta al potasio (K) en diferentes cultivos de secano han demostrado que es uno de los nutrientes limitantes de la producción de cultivos en Uruguay. En arroz, la información nacional de estudios de fertilización con K es para materiales genéticos de distinto potencial y prácticas de manejo diferentes a las actuales, con resultados no consistentes. El objetivo de este estudio fue explorar la respuesta a K en cultivos comerciales de arroz en la principal área arrocería de Uruguay, la Cuenca de la Laguna Merín. Durante las zafas de 2011-12 y 2012-13 se instalaron experimentos de respuesta a K en tres cultivos comerciales de arroz, sobre suelos con 0,14, 0,19, y 0,25 cmol kg<sup>-1</sup> K intercambiable, medido con acetato de amonio 1 M a pH 7. Los tratamientos fueron cuatro dosis de K (30, 60, 120, y 240 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) aplicadas como cloruro de K (KCl), más un control (sin K agregado). La concentración total de K en las hojas durante el ciclo de crecimiento no cambió significativamente con la aplicación de K, pero sí aumentó el rendimiento de grano ( $P < 0,02$ ) en los tres sitios. La respuesta a K fue a las dosis más bajas aplicadas, y los aumentos en el rendimiento de grano variaron de 999 a 1.375 kg ha<sup>-1</sup>. Estos resultados indican la necesidad de continuar estos estudios en diferentes sistemas de producción de arroz y suelos asociados.

**Palabras clave:** potasio intercambiable, concentración foliar, rendimiento en grano

## Rice Response to Potassium Fertilization in the Uruguayan Flooded Management System

### Summary

Recent nutritional surveys and studies of response to the addition of potassium (K) in various non-irrigated crops have shown that this nutrient is one of the limitings of the crop production in Uruguay. In rice, although there is national information of studies of K fertilization, it is only for some varieties, with management practices different from the current ones, with non-consistent results. The aim of this study was to explore the response to K in commercial rice crops on sites located in the main area of rice production of Uruguay, the Laguna Merín Basin. During the crop season of 2011-12 and 2012-13, K-response trials were installed in three commercial rice crops in soils with 0.14, 0.19, and 0.25 cmol kg<sup>-1</sup> exchangeable K, measured with acetate ammonium 1 M to pH 7. The treatments were four rates of K (30, 60, 120, and 240 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O) applied as K chloride (KCl) plus a control, without K application. The total K concentration in leaves early in the season did not change significantly with K application, but the grain yield was increased ( $P < 0.02$ ) in the three sites. The response was at the lowest doses applied, and the increases in grain yield ranged from 999 to 1375 kg ha<sup>-1</sup>. These results indicate the need to continue the studies on this nutrient in different rice production systems and associated soils.

**Keywords:** exchangeable potassium, foliar concentration, grain yield

## Introducción

Uruguay es uno de los diez primeros países exportadores de arroz, contando con un rendimiento promedio en grano muy alto, de casi  $8,7 \text{ t ha}^{-1}$  (DIEA, 2015). Para producir ese rendimiento, el cultivo requiere absorber unos  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de potasio (K) (García y Correndo, 2016).

Recientes relevamientos nutricionales han identificado al K como una de las limitantes de la producción en algunos cultivos y pasturas (Morón y Baethgen, 1996; Barbazán, Ferrando y Zamalvide, 2007; Bautes, Barbazán y Beux, 2009; Bordoli, Barbazán y Rocha, 2012), y varios estudios de respuesta han confirmado la necesidad de aplicar K en algunas situaciones (Cano, Ernst y García, 2007; Bautes, Barbazán y Beux, 2009; García et al., 2009; Núñez, 2010; Barbazán et al., 2011; García-Lamothé y Quincke, 2012).

Dentro de los indicadores más usados para guiar las recomendaciones de fertilización potásica en cultivos extensivos (incluido arroz) se encuentra el análisis de K disponible en el suelo previo a la siembra, aun cuando su interpretación puede ser un poco confusa, en especial cuando se consideran juntos diferentes tipos de suelos.

La Guía de Buenas Prácticas para el cultivo de arroz en Uruguay recomienda usar como referencia el valor de  $0,20 \text{ cmol kg}^{-1}$  de K intercambiable, extraído con acetato de amonio  $1 \text{ M}$  a  $\text{pH } 7$  (Asociación Cultivadores de Arroz, 2013). Valores similares son utilizados frecuentemente en la bibliografía internacional como niveles críticos para arroz (Dobermann y Fairhurst, 2000; Singh et al., 2004), si bien dichos niveles críticos varían en un rango tan amplio como de  $0,1$  a  $0,4 \text{ cmol kg}^{-1}$  de K, dependiendo de la textura del suelo, la mineralogía de arcilla y la entrada de K a partir de fuentes naturales (Dobermann et al., 1995; Dobermann y Fairhurst, 2000).

Además de valores absolutos de K en el suelo, algunos autores han sugerido usar indicadores relativos para guiar las recomendaciones de fertilización potásica en arroz. Según Dobermann y Fairhurst (2000), la saturación de K como porcentaje de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es propuesta también como indicador de la capacidad de un suelo de aportar este nutriente, ya que toma en cuenta la relación entre el K y los otros cationes intercambiables. Estos autores proponen tres categorías: suelos con baja saturación de K ( $< 1,5 \%$ ) y, por lo tanto, alta probabilidad de respuesta al agregado de K; suelos de saturación media (entre  $1,5$  y  $2,5 \%$ ), con respuesta probable; y suelos con alta saturación ( $> 2,5 \%$ ), los cuales presentarían baja probabilidad de respuesta al agregado de K. Mencio-

nan además, entre las causas de deficiencias de K, las relaciones muy amplias entre sodio (Na) y K, magnesio (Mg) y K, o calcio (Ca) y K. Tandon y Sekhon (1988) sugieren también que la relación  $(\text{Ca} + \text{Mg})/\text{K}$  disponible en los suelos podría utilizarse como indicador de la disponibilidad de K para el arroz, indicando que esta sería baja cuando dicha relación es mayor a 100.

Otro de los indicadores del estado nutricional de un cultivo es la concentración de nutriente en el período de crecimiento vegetativo cercano a floración. En el caso de K, se ha propuesto usar como indicador de suficiencia la concentración de K en hoja bandera cuando el 50 % de las plantas presentan flores visibles. Las concentraciones críticas de referencia disponibles han sido establecidas para otras regiones y sistemas de producción, y fluctúan en rango muy amplio, de  $0,8$  a  $3,5 \%$  de K, dependiendo del autor considerado (Reuter, Edwards y Wilhelm, 1997; Correndo y García, 2012). Según Dobermann y Fairhurst (2000), para producir un rendimiento mayor a  $7 \text{ t ha}^{-1}$ , la concentración de K en hoja bandera debería ser mayor a  $1,2 \%$ .

La producción arrocería del país está concentrada casi en un 70 % en la zona este (DIEA, 2015). En esta zona, los suelos dominantes son Planosoles ócricos de la Unidad Río Branco y Gleysoles de la Unidad India Muerta (Durán y García, 2007), con contenidos medios a bajos de K intercambiable (Altamirano et al., 1979). Sin embargo, los experimentos realizados en arroz en suelos similares, han mostrado escasa o nula respuesta a K (Deambrosi y Méndez, 1999; Deambrosi, Méndez y Ávila, 2000, 2001; Lavecchia, Marchesi y Méndez, 2004; Lavecchia y Marchesi, 2011). Los primeros experimentos realizados fueron hechos con la variedad Bluebelle, no encontrándose respuesta. Algunos ensayos más recientes, con variedades de mayor potencial productivo, han mostrado respuesta al agregado de K. Debe tenerse en cuenta los cambios en el sistema de siembra, el cual pasó de ser predominantemente convencional, a realizarse comúnmente por siembra directa. Por otro lado, la inclusión tradicional de pasturas en la secuencia o rotación de cultivos ha dado lugar a la soja como cultivo de interés en dicha rotación. La extracción de K por parte de este cultivo es mayor que la que realiza el arroz ( $16,5$  y  $2,3 \text{ kg K ha}^{-1}$  por tonelada de grano para soja y arroz, respectivamente) (García y Correndo, 2016), por lo cual, si no existe una adecuada reposición del K extraído, es de esperar que se creen desbalances en el mediano o largo plazo.

En cultivos de secano, recientemente se ha propuesto usar en forma tentativa el valor de  $0,34 \text{ cmol kg}^{-1}$  de K

intercambiable como nivel crítico (Barbazán et al., 2011). En arroz, los valores críticos manejados son menores. Además de tener distintos requerimientos y productividad, la diferencia también puede atribuirse a una dinámica distinta del K en sistemas que incluyen riego e inundación, donde aumentan las cantidades de iones solubles de hierro y manganeso que desplazan al K del complejo de intercambio hacia la solución del suelo (Ponnamperuma, 1972; Singh et al., 2004). Por otro lado, algunas funciones del K en las plantas podrían ser sustituidas por otros cationes como Na (Yosida y Castaneda, 1969; Horie et al., 2007; Wakeel et al., 2011), frecuente en los suelos donde se realiza este cultivo.

Debido a la relevancia nacional y regional que ha tomado el K, se ha constatado un renovado interés en conocer qué sucede con este nutriente en el cultivo de arroz. Por lo tanto, es necesario entender el comportamiento del cultivo frente al agregado de K en este sistema de producción, para poder delinear pautas de recomendación específicas.

Los objetivos de este estudio fueron evaluar el efecto del agregado de K en la concentración de K foliar en prefloración y el rendimiento en grano de cultivos comerciales de arroz ubicados en la Cuenca de la Laguna Merín.

## Materiales y métodos

### Sitios experimentales

Se instalaron tres experimentos en predios comerciales del Departamento de Cerro Largo, en la Cuenca de la Laguna Merín. En el Cuadro 1 se presenta la información resumida para los tres sitios.

Los suelos utilizados fueron clasificados como Planosoles Dúcticos Ócricos de la Unidad Río Branco (Dirección de Suelos y Fertilizantes, 1976), cuyo material de origen corresponde a la Formación Dolores. En el Cuadro 2 se presentan características químicas y físicas de los suelos de los sitios, de muestras de suelo de 0-20 cm.

**Cuadro 1.** Localización geográfica de los sitios experimentales de respuesta a potasio.

Sitio	Establecimiento	Latitud	Longitud
1	Alfonso Porto	-32.712854	-53.498050
2	Alfonso Porto	-32.712892	-53.495297
3	Casarone Agro Industrial	-32.657944	-53.329987

**Cuadro 2.** Características químicas y físicas de los suelos de los sitios estudiados, de muestras de suelo de 0-20 cm.

Sitio	N-NO <sub>3</sub> mg kg <sup>-1</sup>	P Bray 1 mg kg <sup>-1</sup>	pH H <sub>2</sub> O	MO g kg <sup>-1</sup>	Ca	Mg	K	Na	Textura		
									Arc	Ar	L
					cmol kg <sup>-1</sup>				g kg <sup>-1</sup>		
1	38	3	6,0	19	3,0	2,0	0,25	0,20	210	240	550
2	11	2	6,0	33	4,0	2,0	0,19	0,90	240	270	490
3	13	7	5,2	30	3,0	1,0	0,14	0,50	180	340	480

**Cuadro 3.** Principales prácticas de manejo de los sitios.

Sitio	Fecha de siembra	Variedad	Densidad de siembra	Fertilización base	Primera urea	Segunda urea	Fecha de inundación	Fecha de cosecha
				kg ha <sup>-1</sup>				
1	20/11/2011	INIA Tacuarí	190	200 (18-46-46-0)	60 (28/12/11)	70 (17/01/12)	18/12/2011	25/03/2012
2	25/10/2012	El Paso 144	185	150 (22-23-23-0)	60 (8/12/12)	60 (15/01/13)	10/12/2012	14/03/2013
3	28/10/2012	El Paso 144	130	150 (22-23-23-0)	60 (20/11/12)	60 (10/01/13)	25/11/2012	15/03/2013

El manejo del cultivo en los tres sitios –salvo la fertilización con K– siguió las prácticas de manejo de los predios comerciales en los cuales fueron instalados. En todos los casos el cultivo se instaló en siembra directa, en suelos que previamente habían tenido pasturas. En el Cuadro 3 se muestran los principales manejos de los cultivos estudiados. En los tres sitios se aplicó entre 60 y 70 kg ha<sup>-1</sup> de urea en noviembre/diciembre y durante la primera quincena de enero.

El diseño experimental fue de parcelas de 3 x 6 m, dispuestas en bloques completos al azar, con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: 0, 30, 60, 120 y 240 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O aplicados en forma manual como cloruro de K (KCl) en superficie.

### Muestras de suelos y plantas

Las muestras de suelo (de 0 a 20 cm de profundidad) fueron tomadas previo a la instalación de los experimentos (una muestra compuesta por repetición). Las muestras fueron secadas a estufa por 48 horas a 40 °C y molidas hasta un tamaño menor a 2 mm. En cada muestra se midió pH en agua y en KCl 1M por potenciometría (relación suelo/agua o suelo/ KCl = 1/2,5). La materia orgánica fue calculada a partir de la determinación de carbono orgánico por titulación con sulfato ferroso, luego de atacar una muestra con dicromato de K y ácido sulfúrico, sin calor exterior (Walkley y Black, 1934). El fósforo (P) asimilable fue analizado por el método Bray-1 (Bray y Kurtz, 1945). La extracción de Ca, Mg, K y Na se realizó con acetato de amonio 1 M a pH 7 y luego se determinaron por absorción atómica (Ca y Mg) y emisión (K y Na) (Isaac y Kerber, 1971).

Para el análisis foliar se recolectaron 40 hojas bandera de cada parcela, cuando el 50 % de las plantas presentaban flores visibles. Las muestras fueron secadas a 60 °C por 48 horas (hasta peso constante) y molidas hasta un tamaño menor a 1 mm. Para conocer la concentración de K total se usó el método de cenizas (dilución con ácido fluorhídrico de 1 g de muestra sometida a calentamiento en mufla a 500 °C), con determinación por espectrometría de emisión.

El cultivo se cosechó en forma manual a madurez fisiológica, determinándose el rendimiento con 13 % de humedad de grano. Los rendimientos se expresaron en peso de granos secos y limpios. No se realizaron mediciones de calidad del grano.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante análisis de varianza, realizándose contrastes ortogonales entre distintos tratamientos.

## Resultados y discusión

### Concentración de K en hoja

La concentración de K en hoja bandera varió entre 0,86 y 1,65 %. Según los valores de Reuter, Edwards y Wilhelm (1997), donde se menciona que el valor considerado adecuado es 0,80 % de K en hoja bandera, todos los valores de concentración de K de los sitios estuvieron por encima de dicha referencia. En cambio, si se toman los valores

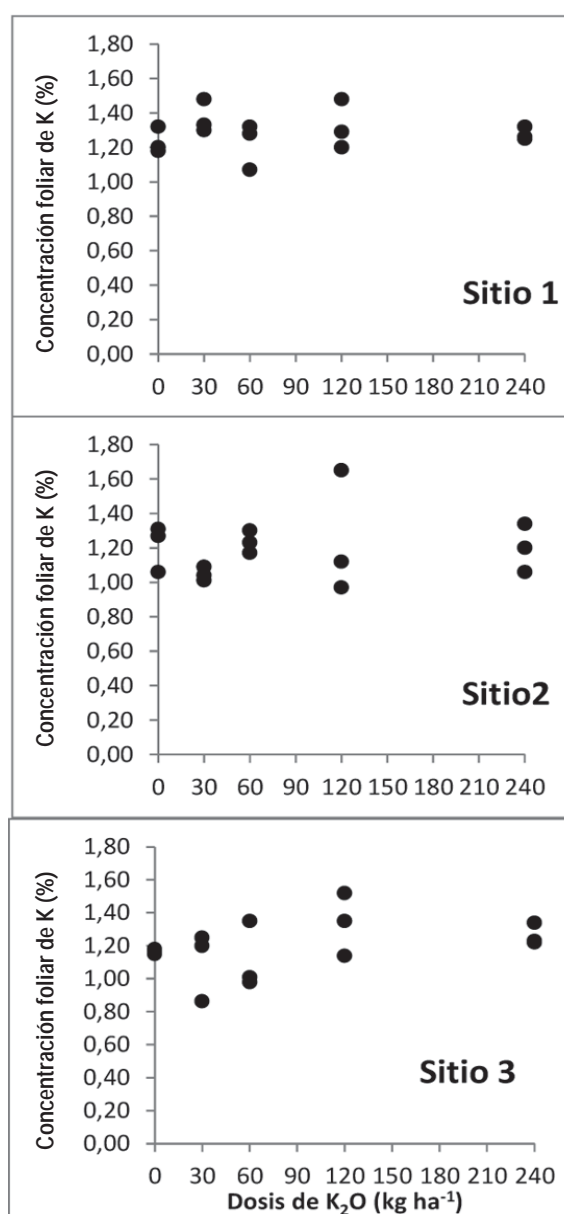


Figura 1. Relación entre la dosis de potasio aplicada y la concentración de K en hoja para todos los sitios.

propuestos por otros autores, como los que mencionan Correndo y García (2012) o Dobermann y Fairhurst (2000), algunos valores de K foliar estuvieron por debajo de las concentraciones adecuadas.

En ninguno de los sitios el agregado de K produjo diferencias significativas en la concentración de K en hoja entre tratamientos, aunque con las dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O se observó un incremento en la concentración de K respecto al tratamiento testigo. Los coeficientes de variación de los resultados foliares fueron de 8,69 %; 16,53 % y 13,91 % para los sitios 1, 2 y 3, respectivamente.

### Rendimiento seco y limpio

El rendimiento promedio entre tratamientos en los tres sitios varió entre 8856 y 10817 kg ha<sup>-1</sup>, y fue superior a la media nacional (7850 kg ha<sup>-1</sup> para la cosecha 2011-12 según DIEA, 2015). En todos los sitios, el agregado de K produjo un aumento en el rendimiento, siendo mayor el incremento con la dosis más baja aplicada (Cuadro 4). Con el agregado de más K el rendimiento no aumentó. La respuesta al agregado de K era esperada porque todos los sitios presentaron niveles en suelo menores o cercanos a los de referencia.

No hubo diferencias significativas entre los tratamientos fertilizados, salvo en el sitio 3, donde el tratamiento con la dosis de 60 unidades de K<sub>2</sub>O presentó un rendimiento mayor al promedio obtenido con las dosis 120 y 240 (P < 0,04), lo cual no pudo ser explicado con la información obtenida.

Las diferencias entre el testigo y el promedio de todos los tratamientos fertilizados fueron de 999, 1375 y 1117 kg ha<sup>-1</sup>, para los sitios 1, 2 y 3, respectivamente.

Para la dosis más baja aplicada (30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) la respuesta fue mayor en el sitio 2 con 58 kg de grano por kg de K<sub>2</sub>O agregado, mientras que en los sitios 1 y 3 las res-

puestas fueron 35 y 36 kg de grano por kg de K<sub>2</sub>O, respectivamente.

La mayor respuesta observada en el sitio 2 concuerda con lo esperable, dado que el suelo presentaba un contenido relativamente bajo de K intercambiable (0,19 cmol kg<sup>-1</sup>), una relación más desfavorable frente al Mg (Mg/K = 10,5 contra 8,0 y 7,1 en los sitios 1 y 3, respectivamente), y una menor saturación en K frente a las bases totales (K/BT\*100 = 2,7 contra 4,6 y 3,0 para los sitios 1 y 3, respectivamente). Además, el sitio 1 sufrió la inundación más tardía, lo que habría reducido el período en que sus raíces pudieran tener contacto con una mayor difusión de K asociada al riego. La menor significación del efecto K en este sitio (P < 0,08) es probable que sea debida a un mayor coeficiente de variación, posiblemente asociado a dicha inundación tardía. Además, en ese sitio, el valor de Na intercambiable era relativamente alto (0,90 cmol kg<sup>-1</sup>), pudiendo haber sustituido al K en algunas funciones dentro de la planta, ya sea en funciones no específicas (osmoregulación), como también específicas (Yoshida y Castaneda, 1969; Horie et al., 2007; Wakeel et al., 2011).

### Conclusiones

En los tres sitios estudiados se encontró respuesta en rendimiento en grano a la fertilización con K, hasta una dosis de 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. La concentración foliar de K no cambió significativamente frente al agregado creciente de K.

Todo lo anterior amerita seguir estudiando la dinámica de este nutriente en este cultivo. Particularmente, aspectos complementarios como el tipo y cantidad de arcilla, así como indicadores de fijación de K, podrían contribuir a la interpretación de la información de la dinámica del K en suelos inundados.

**Cuadro 4.** Rendimiento de grano seco y limpio de arroz según tratamiento y sitio, y análisis estadístico.

Sitio	Dosis de K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )					CV %	Contrastes ortogonales			
	0	30	60	120	240		0 vs resto	30 vs +60	60 vs +120	120 vs 240
Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )						P>F				
1	10018	11080	11000	11108	10878	2,50	0,01	NS	NS	NS
2	7924	9650	9323	9447	8774	7,56	0,01	NS	NS	NS
3	7963	9058	9787	8988	8483	6,81	0,02	NS	0,04	NS

CV = Coeficiente de Variación. NS = no significativo (P > 5 %).



## Bibliografía

- Altamirano, A., Da Silva, H., Duran, A., Echevarria, A., Panario, D. y Puentes, R. (1979). *Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: Descripción de las unidades de suelos* (Vol. 3). Montevideo: MAP.
- Asociación Cultivadores de Arroz. (2013). *Guía de buenas prácticas en el cultivo de arroz en Uruguay*. Recuperado de <http://www.aca.com.uy/manual-de-buenas-practicas-agricolas>
- Barbazán, M., Ferrando, M. y Zamalvide, J. (2007). Estado nutricional de *Lotus corniculatus* en Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*, 11(1), 22-34.
- Barbazán, M., Fiorelli, J., Rodríguez, J., Del Pino, A., Mazzilli, S. y Ernst, O. (2011). *Liberación de potasio desde rastrojos de maíz y soja y variación en el suelo: Simposio Fertilidad 2011*. Rosario: IPNI.
- Bautes, C., Barbazán, M. y 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, J., Barbazán, M. y Rocha, L. (2012). Soil nutritional survey for soybean production in Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*, 16(3), 76-83.
- Bray, R. y Kurtz, L. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, 59, 39-45.
- Cano, J., Ernst, O. y García, F. (2007). Respuesta a la fertilización potásica en maíz para grano en suelos del noroeste de Uruguay. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, 36, 9-11.
- Correndo, A. y García, F. (2012). Concentración de nutrientes en planta como herramienta de diagnóstico: Cultivos extensivos. *Archivo Agronómico*, 14. Recuperado de <http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/2983F9B934DDE60D852579BA00747DF4?FILE/AA14.pdf>
- Deambrosi, E. y Méndez, R. (1999). Respuesta a las aplicaciones de fósforo y potasio. En *Arroz: resultados experimentales 1998-1999* (pp. 11-13). Montevideo: INIA. (Serie Actividades de Difusión, 194).
- Deambrosi, E., Méndez, R. y Ávila, S. (2000). Respuesta a las aplicaciones de fósforo y potasio. En *Arroz: resultados experimentales 1999-2000* (pp. 14-21). Montevideo: INIA. (Serie Actividades de Difusión, 224).
- Deambrosi, E., Méndez, R. y Ávila, S. (2001). Respuesta a las aplicaciones de fósforo y potasio. En *Arroz: resultados experimentales 2000-2001* (pp. 1-11). Montevideo: INIA. (Serie Actividades de Difusión, 257).
- DIEA. (2015). Producción. En *Anuario estadístico agropecuario 2015* (pp. 25-119). Montevideo: MGAP.
- Dirección de suelos y fertilizantes. (1976). *Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay: Clasificación de suelos* (Vol. 2). Montevideo: Ministerio de Agricultura y Pesca.
- Dobermann, A., Cassman, K. G., Sta.Cruz, P. C., Neue, H. U., Skogley, E. O., Pampolino, M. F. y Adviento, M. A. A. (1995). Dynamic soil tests for rice. En *Fragile lives in fragile ecosystems: Proceedings of the International Rice Research Conference* (pp. 343-365). Manila: International Rice Research Institute.
- Dobermann, A. y Fairhurst, T. (2000). *Rice: Nutrient disorders & nutrient management*. Recuperado de [http://books.irri.org/9810427425\\_content.pdf](http://books.irri.org/9810427425_content.pdf)
- Durán, A. y García, F. (2007). *Suelos del Uruguay: Origen, clasificación, manejo y conservación* (Vol. 1). Montevideo: Hemisferio Sur.
- García, A., Quinke, A., Pereira, S. y Días, M. (2009). Respuesta a cloruro de potasio (KCl) en trigo y cebada. En *Jornada Cultivos de Invierno* (pp. 13-18). Montevideo: INIA. (Actividades de Difusión, 566).
- García, F. y Correndo, A. (2016). *Cálculo de requerimientos nutricionales*. Recuperado de <http://lacs.ipni.net/articulo/LACS-1024>.
- García-Lamothe, A. y Quinke, A. (2012). El potasio en la producción de cultivos de invierno. En *Jornada Cultivos de Invierno* (pp. 9-14). Montevideo: INIA. (Serie Actividades de Difusión, 677).
- Horie, T., Costa, A., Kim, T., Han, M., Horie, R., Leung, H., ... y Schroeder, J. (2007). Rice OsHKT2;1 transporter mediates large Na<sup>+</sup> influx component into K<sup>+</sup>-starved roots for growth. *The EMBO Journal*, 26, 3003-3014.
- Isaac, R. y Kerber, J. (1971). Atomic absorption and flame photometry: techniques and uses in soil, plant and water analysis. En L. M. Walsh (Ed.) *Instrumental methods for analysis of soil and plant tissues* (pp. 17-37). Madison: Soil Science Society of America.
- Lavecchia, A. y Marchesi, C. (2011). Respuesta a la aplicación de potasio: Cinco Sauces - Tacuarembó. En *Presentación resultados experimentales de arroz zafrá 2010-2011* (pp. 5-11). Montevideo: INIA. (Serie Actividades de Difusión, 652).
- Lavecchia, A., Marchesi, C. y Méndez, J. (2004). Respuesta a potasio y respuesta a nitrógeno. En *Arroz: resultados experimentales 2003-2004* (pp. 1-4). Montevideo: INIA. (Serie Actividades de Difusión, 375).
- Morón, A. y Baetghen, W. (1996). *Relevamiento de la fertilidad de los suelos bajo producción lechera en Uruguay*. Montevideo: INIA. (Serie Técnica, 73).
- Núñez, A. (2010). Situación del potasio en la agricultura uruguaya. En *Jornada técnica: El efecto de la agricultura en la calidad de los suelos y fertilización de cultivos* (pp. 11-13). Montevideo: INIA. (Serie Actividades de Difusión, 605).
- Ponnamperuma, F. N. (1972). The chemistry of submerged soils. *Advances in Agronomy*, 24, 29-96.
- Reuter, D., Edwards, D. y Wilhelm, N. (1997). Temperate and tropical crops. En D. J. Reuter y J. B. Robinson (Eds.). *Plant analysis, an interpretation manual* (2a ed., pp. 83-284). Collingwood: CSIRO.
- Singh, B., Singh, Y., Imas, P. y Jian-Chang, X. (2004). Potassium nutrition of the rice-wheat cropping system. *Advances in Agronomy*, 81, 203-259.
- Tandon, H.L.S. y Sekhon, G.S. (1988). *Potassium research and agricultural production in India*. New Delhi: Fertiliser Development and Consultation Organization.
- Wakeel, A., Farooq, M., Qadir, M. y Schubert, S. (2011). Potassium substitution by sodium in plants. *Critical reviews in plant sciences*, 30, 401-413.
- Walkley, A. y Black, T. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29-38.
- Yoshida, S. y Castaneda, L. (1969). Partial replacement of potassium by sodium in the rice plant under weakly saline conditions. *Soil Science and Plant Nutrition*, 15, 183-186.