

Fertilización potásica del maíz dulce en suelo con alta disponibilidad de potasio

Meneses Natália¹, Mendoza-Cortez Juan Waldir², Cecílio Filho Arthur Bernardes¹

¹Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Produção Vegetal, Via de acesso Professor Paulo Donato Castellane s/n, CEP: 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil

²Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía, Departamento de Fitotecnia. Av. La Molina s/n, La Molina, Lima, Perú. Correo electrónico: invic64@hotmail.com

Recibido: 2016-05-26 Aceptado: 2017-05-08

Resumen

Híbridos con alto potencial productivo y alta demanda nutricional, mayor costo de los fertilizantes y el impacto ambiental causado por la aplicación excesiva de nutrientes, son factores que exigen mejoras en el manejo de la fertilización del maíz dulce. Fue realizado un experimento desde el 24/4 a 25/8 de 2014, con el objetivo de evaluar diferentes dosis de potasio (K) (0, 50, 100, 150, 200 y 250 kg ha⁻¹ de K₂O), sobre la productividad del maíz superdulce 'GSS 41243', principal cultivar utilizado por la agroindustria en São Paulo, Brasil. El cultivo fue establecido en suelo tipo Rhodic Hapludox con altos niveles de K_(resina) disponible (4,2 mmol_c dm⁻³ de K intercambiable). El aumento en las dosis de K no influyó sobre las productividades total, comercial y de granos, rendimiento de granos, longitud y diámetro de la mazorca, o en la concentración foliar de K. Por tanto, en el suelo tipo Rhodic Hapludox con 4,2 mmol_c dm⁻³ de K, se puede prescindir de la fertilización potásica en el maíz superdulce 'GSS 41243'.

Palabras clave: *Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*, exceso de K, nutrición de plantas

Potassium Fertilization of Sweet Corn in a Potassium-rich Soil

Summary

Hybrids with high yield potential and nutritional requirement, higher cost of fertilizers and environmental impact caused by the excessive use of nutrients, are factors that require improvements in the management of fertilization of sweet corn. An experiment was carried out from 24/4 to 25/8 2014, in São Paulo, Brazil, aiming to evaluate potassium (K) rates (0, 50, 100, 150, 200 and 250 kg ha⁻¹ de K₂O), in the yield of supersweet corn 'GSS 41243', main cultivar used by agribusiness in São Paulo, Brazil. The culture was established in a K rich Rhodic Hapludox soil (4,2 mmol_c dm⁻³ exchangeable K). Potassium rates did not influence total, commercial and grain productivities, grain yield, length and diameter of the ear, or leaf potassium content. Therefore, K fertilization in supersweet corn 'GSS 41243' in a K rich Rhodic Hapludox soil can be dispensed.

Keywords: *Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*, K excess, plant nutrition

Introducción

Entre los tipos especiales de maíz producidos en el Brasil, el cultivo del maíz dulce (*Zea mays* convar. *saccharata* var. *rugosa*) viene expandiéndose a cada año y se muestra como una alternativa rentable para el agricultor, por obtener precios diferenciados en relación al maíz para grano, debido al carácter dulce de su endospermo.

Debido a la alta demanda, ya que toda la producción de maíz dulce se destina al procesamiento industrial (Okumura et al., 2013), muchos agricultores, por lo general, aplican elevadas cantidades de nutrientes, principalmente de K, con el objetivo de obtener altas productividades con mayor calidad del producto.

A pesar de no formar parte de ninguna molécula orgánica o de la estructura de la planta, el K es el nutriente más

acumulado por el maíz dulce (Maggio, 2006; Heckman, 2007; Borin, Lana y Pereira, 2010; Meneses, 2014), debido a que desempeña un papel fundamental en procesos como la fotosíntesis, osmorregulación, síntesis de proteínas, formación y translocación de carbohidratos y activación de enzimas (Mengel, 2007; Hawkesford et al., 2012), los cuales afectan directamente la productividad y calidad del maíz dulce (Cao et al., 2011).

Por otra parte, altas dosis de K pueden producir efectos negativos sobre las plantas y el medio ambiente. Cuando hay una alta aplicación de ese nutriente en el suelo, puede haber perjuicio sobre la germinación de las semillas (Takasu et al., 2014) y el crecimiento de las plantas (Ferreira et al., 2007) como consecuencia del efecto salino, además puede causar antagonismo sobre la absorción de magnesio (Ranade-Malvi, 2011; Guo et al., 2015), aumentar las pérdidas por lixiviación (Ernani, Bayer y Almeida, 2007) y restringir la actividad enzimática asociada con la absorción de nitrógeno por la planta (Silva et al., 2011).

Para el maíz dulce, mientras Cantarella y Rajj (1997) recomiendan la aplicación de 50 kg ha^{-1} de K_2O en la siembra, cuando la concentración de $\text{K}_{(\text{resina})}$ en el suelo es alta ($>3,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), diversos estudios reportan que las respuestas al K son menos frecuentes en suelos con concentraciones medias y altas (Deparis, Lana y Frandoloso, 2007; Hurtado et al., 2008; Pavinato et al., 2008; Wendling et al., 2008; Valderrama et al., 2011; Takasu et al., 2014). Sin embargo, esos trabajos fueron realizados en maíz convencional (grano maduro) y no en maíz dulce.

De acuerdo con Fageria (2009), la respuesta de especies y variedades dentro de cada especie a la fertilización con K son divergentes, ya sea en relación a la absorción como en la utilización de ese nutriente, conforme lo verificado por Silva et al. (2016). Se espera que esta divergencia se acentúe más debido a la oferta actual de híbridos de maíz dulce, con ciclo más corto y metabolismo más intenso, los cuales se caracterizan por tener alto potencial productivo y mayor demanda de nutrientes que el maíz convencional para grano.

En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de las dosis de K sobre la productividad del maíz superdulce 'GSS 41243', cuando es cultivado en un suelo con alta disponibilidad de K.

Materiales y métodos

El experimento fue realizado durante el período de 24/4 a 25/8/2014, en una propiedad rural ubicada en el municipio de Guaíra ($20^{\circ}12'45'' \text{ S}$, $48^{\circ}26'57'' \text{ O}$ y altitud de 528

m), en el Estado de São Paulo, Brasil. Durante el período experimental, la temperatura media y la precipitación pluvial acumulada fueron de 20°C y 107 mm, respectivamente.

El suelo del área experimental fue clasificado como Rhodic Hapludox (Soil Survey Staff, 1999). Antes de la instalación del experimento, se tomaron muestras de suelo en la profundidad de 0 a 20 cm, el cual tenía, conforme la metodología descrita por Rajj et al. (2001) utilizando el extractor tipo resina: 5,9 de pH (CaCl_2), 15 g dm^{-3} de materia orgánica, 122 mg dm^{-3} de P; 4,2; 70; 22; 20; 96,2 y $116,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H+Al, suma de bases y capacidad de intercambio catiónico, respectivamente, y 83 % de saturación por bases del suelo.

Considerando el análisis de suelo y con base en la recomendación de Cantarella y Rajj (1997), para obtener productividades entre 16 y 20 t ha^{-1} de mazorcas de maíz dulce, fueron aplicados en la siembra 33 kg ha^{-1} de N (urea) y 40 kg ha^{-1} de P_2O_5 (superfosfato simple). Fue realizado el fraccionamiento de la fertilización nitrogenada a los 10 y 22 días después de la emergencia, con 96 kg ha^{-1} (urea). No se hizo el encalado, ya que el porcentaje de saturación por bases del suelo era mayor al recomendado para maíz (60 %).

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar, con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron de seis dosis de K (0, 50, 100, 150, 200 y 250 kg ha^{-1} de K_2O), utilizando cloruro de K. Conforme Cantarella y Rajj (1997), en la siembra fueron aplicados 50 kg ha^{-1} de K_2O (entre 8 y 10 cm de distancia de la semilla, aproximadamente) y 30 días más tarde, cuando las plantas estaban en el estadio de desarrollo V_8 , fueron aplicadas las dosis restantes de los tratamientos, excepto en los tratamientos con la dosis cero y 50 kg ha de K_2O .

Las unidades experimentales estuvieron constituidas por siete hileras de 8 m de largo. Para la evaluación de las características, fueron utilizadas las plantas ubicadas en los 4 m centrales de las tres hileras centrales de cada unidad experimental.

Se utilizó el híbrido de maíz superdulce 'GSS 41243' de la empresa SYNGENTA, ideal para procesamiento industrial. La siembra fue hecha en sucesión al cultivo de soja, siendo realizada el 24/4/2014. El distanciamiento entre hileras y entre plantas fue de 0,5 m y 0,25 m, respectivamente.

El riego fue realizado por pivot central, con la aplicación de 460 mm de agua durante el ciclo del cultivo. El control de malezas (herbicidas de post-emergencia), plagas y enfermedades fue llevado a cabo utilizando productos químicos registrados para el cultivo.

La cosecha del maíz dulce fue realizada a los 123 días después de la siembra, en el estadio R_2 , cuando los granos estaban con 70 % de humedad, aproximadamente. Se evaluaron: a) concentración foliar de K (g kg^{-1}): se colectaron de 10 plantas, durante la antesis, el tercio central de la hoja situada en la base de la mazorca principal, conforme Cantarella y Raij (1997). El material colectado fue lavado con agua corriente y detergente neutro a 1 % e inmediatamente fue colocado en estufa con circulación forzada de aire a 65 °C. Una vez seco, el material vegetal fue molido en molino tipo Wiley y posteriormente fue realizada la digestión respectiva para determinar la concentración de K, de acuerdo con Malavolta, Vitti y Oliveira (1997); b) productividad total de mazorcas (kg ha^{-1}): fueron pesadas todas las mazorcas cosechadas del área útil; c) productividad de mazorcas comerciales sin chala (kg ha^{-1}): fueron pesadas todas las mazorcas comerciales del área útil. Las mazorcas comerciales correspondieron a aquellas que tenían una longitud superior a 15 cm, cuyos granos no estaban agrios o podridos; d) productividad de granos (kg ha^{-1}): fueron pesados los granos que se obtuvieron en diez mazorcas comerciales seleccionadas al azar; e) rendimiento de granos (%): obtenido por la relación entre la productividad de granos y la productividad de mazorcas comerciales (Barbieri et al., 2005); f) longitud de la mazorca (cm): obtenido midiéndose la distancia entre la base y el ápice en diez

mazorcas del área útil; g) diámetro de la mazorca (cm): fue medido en el centro de las mazorcas utilizadas para obtener la longitud, mediante el calibrador vernier.

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza y de regresión polinómica, utilizando el software ASSISTAT (Silva y Azevedo, 2006).

Resultados y discusión

No hubo efecto significativo de las dosis de K sobre las características evaluadas (Cuadro 1). Este hecho puede ser atribuido a la alta concentración de K disponible en el suelo, el cual era de $4,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Los resultados de este estudio coinciden con los obtenidos por otros autores cuando evaluaron la respuesta del maíz convencional a dosis de K, en suelos con concentraciones entre 2,3 y $5,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K (Deparis, Lana y Frandoloso, 2007; Pavinato et al., 2008; Valderrama et al., 2011; Takasu et al., 2014).

Wendling et al. (2008), también constataron poca o nula respuesta del maíz para grano, en sistema de siembra directa, con hasta 100 kg ha^{-1} de K_2O , en diferentes localidades. Ese resultado, según los autores, fue debido a que los suelos, en promedio, tenían altas concentraciones de $\text{K}_{(\text{Mehlich-1})}$ entre 47 a 256 mg dm^{-3} . Del mismo modo, Hurtado et al. (2008) evaluando la no aplicación y aplicación de

Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza (valores de F, significancia, medias y coeficientes de variación) para las productividades total (PT), comercial (PC) y de granos (PG), rendimiento de granos (RG), longitud (L) y diámetro (D) de la mazorca y para la concentración foliar de potasio (PF) del maíz superdulce 'GSS 41243', en función de las dosis de potasio.

Causas de variación	PT	PC	PG	RG	L	D	PF
	Valores de F						
Dosis de K_2O	1,02 ^{ns}	0,93 ^{ns}	1,01 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,62 ^{ns}	0,45 ^{ns}
CV (%)	20,5	20,6	19,3	7,9	3,8	3,1	9,9
	Medias						
kg ha^{-1}	————— kg ha^{-1} —————			%	—————cm—————		g kg^{-1}
0	9993,19	8448,37	5239,26	62,86	16,18	4,79	18,95
50	12351,54	10361,44	6421,85	61,92	16,24	4,85	20,32
100	11493,58	9415,33	5751,04	61,91	15,9	4,98	20,55
150	10297,66	8683,17	5821,21	67,24	16,28	5,06	20,35
200	10182,36	8496,38	5600,32	65,68	16,18	4,96	20,77
250	9344,4	7848,78	4822,04	61,48	15,74	4,99	19,67

^{ns}: no significativo a 95 % de probabilidad por la prueba F.

63 kg ha⁻¹ de K₂O en la siembra, en sistema de labranza cero, en tres localidades de producción comercial de maíz, verificaron que no hubo efecto de la fertilización potásica, debido a la capacidad del suelo en suministrar ese nutriente, ya que tenía elevadas concentraciones de K_(resina) (>3,0 mmol_c dm⁻³).

En revisión hecha por Brunetto et al. (2005) se verificó que las respuestas de muchos cultivos agrícolas a la fertilización potásica fueron bajas, cuando las concentraciones de K_(Mehlich-1) intercambiable en la capa arable (0-20 cm de profundidad) eran superiores a 50 mg dm⁻³, principalmente en condiciones de manejo que favorecieron su aumento, como en el sistema de siembra directa, por ejemplo, y/o en suelos con altas concentraciones de minerales primarios y secundarios ricos en K.

A pesar de que aplicaciones insuficientes de K en el suelo puedan generar mazorcas con mucha chala y flexibles, con severas tasas de aborto de granos en la parte superior de la mazorca, resultando en bajas productividades, según Büll (1993), aplicaciones excesivas de K también pueden afectar la productividad de maíz dulce y generar problemas ambientales.

Valderrama et al. (2011) constataron que con las mayores dosis de K utilizadas (0, 40, 80 y 120 kg ha⁻¹ de K₂O), hubo reducción en la población de plantas de maíz por área, debido a la ocurrencia moderada del efecto salino (cloruro de K) sobre la germinación de las semillas. Este problema puede agravarse, principalmente, en condiciones de déficit hídrico después de la siembra, cuando son aplicadas altas dosis de K en el surco de siembra (Takasu et al., 2014). Según Conus et al. (2009), las semillas de maíz sometidas a condiciones de estrés por sales, no afectaron su germinación, sin embargo, perjudicaron su posterior desarrollo (altura de planta, longitud de la raíz, área foliar y peso seco de la raíz). En este trabajo, ni la germinación ni el desarrollo del maíz superdulce 'GSS 41243' fueron afectados por la utilización de altas dosis de potasio.

Así también, aplicaciones excesivas de K pueden intensificar las pérdidas por lixiviación, incluso en suelos con alta capacidad de intercambio catiónico (Ermani, Bayer y Almeida, 2007). Rosolem et al. (2006) observaron aumento de la lixiviación de K en el perfil del suelo con textura media, cuando fueron aplicadas dosis superiores a 80 kg ha⁻¹ de K₂O por año, independientemente del modo de aplicación del fertilizante.

Además, el exceso de K puede causar, principalmente, reducción en la absorción de magnesio por la planta (Ranade-Malvi, 2011; Guo et al., 2015). Sin embargo, no se ob-

servaron síntomas de deficiencia de magnesio en el cultivar de maíz superdulce 'GSS 41243' utilizado en este estudio. Asimismo, el exceso de este nutriente puede causar un desequilibrio en la relación con el nitrógeno (Ranade-Malvi, 2011; Silva et al., 2011), siendo que un equilibrio inadecuado de estos nutrientes desde las etapas iniciales del desarrollo del cultivo puede tener influencia sobre el vuelco (Büll, 1993), un hecho que tampoco fue constatado en este trabajo.

Con relación a la concentración foliar de K, vale destacar que, debido a que el suelo del área experimental tenía altas concentraciones de K_(resina) (4,2 mmol_c dm⁻³), todas las concentraciones foliares, incluido el tratamiento sin aplicación de este nutriente (Cuadro 1), estaban dentro del rango de concentraciones adecuadas para el maíz, conforme Cantarella y Rajj (1997), 17 - 35 g kg⁻¹, y Malavolta, Vitti y Oliveira (1997), 17,5 - 22,5 g kg⁻¹. En este estudio no se observaron síntomas por toxicidad del elemento, concordando con los trabajos realizados en maíz para grano por Deparis, Lana y Frandoloso (2007), Pavinato et al. (2008), Wendling et al. (2008), Valderrama et al. (2011) y Takasu et al. (2014).

Pese a que el K es el nutriente más requerido por el maíz dulce (Maggio, 2006; Heckman, 2007; Borin, Lana y Pereira, 2010; Meneses, 2014), una gran cantidad de este elemento queda en la parte aérea, ya que solamente entre 12 % y 27 % son exportados por la mazorca. En este sentido, en razón de no ser constituyente estructural de moléculas y tejidos (Marschner, 1995; Cakmak, 2005; Mengel, 2007), el K puede estar fácilmente disponible durante el proceso de descomposición de los restos vegetales, teniendo implicaciones sobre la recomendación de este nutriente en los próximos ciclos de cultivo.

Los resultados encontrados en este trabajo ponen en evidencia la oportunidad para reducir el uso de fertilizantes potásicos y de racionalizar los costos en la propiedad. Además de no mostrarse ventajosa sobre la productividad del maíz dulce, la fertilización con K puede llegar a ser perjudicial desde el punto de vista económico y ambiental. Así, se recomienda que el suministro de K por medio de la fertilización de reposición sea realizada de acuerdo con la exportación de ese nutriente por el maíz dulce. Trabajo actual realizado por Meneses (2014), en la misma región donde se realizó el presente experimento, verificó la exportación de 105 kg ha⁻¹ de K por el maíz superdulce 'GSS 41243', en suelo con alta concentración de K (3,9 mmol_c dm⁻³). Por tanto, con el fin de mantener la fertilidad del suelo en relación al K, la cantidad del nutriente que debe ser utilizado en la fertilización de reposición del suelo correspondería a 127 kg ha⁻¹ de K₂O.

Conclusiones

La fertilización potásica en el suelo tipo Rhodic Hapludox, con alta concentración de $K_{(resina)} (4,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3})$ no altera la concentración foliar del nutriente y no se muestra ventaja sobre los componentes de producción del maíz dulce, evidenciando la oportunidad para reducir el uso de ese nutriente en las condiciones del experimento.

Bibliografía

- Barbieri, V. H. B., Luz, J. M. Q., Brito, C. H., Duarte, J. M., Gomes, L. S. y Santana, D. G. (2005). Produtividade e rendimento industrial de híbridos de milho doce em função de espaçamento e populações de plantas. *Horticultura Brasileira*, 23(3), 826-830.
- Borin, A. L. D. C., Lana, R. M. Q. y Pereira, H. S. (2010). Absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo. *Ciência e Agrotecnologia*, 34, 1591-1597.
- Brunetto, G., Gatiboni, L. C., Santos, D. R., Saggin, A. y Kaminski, J. (2005). Nivel crítico e resposta das culturas ao potássio em um argissolo sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29, 561-571.
- Büll, L. T. (1993). Nutrição mineral do milho. En L. T. Büll y H. Cantarella (Eds.). *Cultura do milho: Fatores que afetam a produtividade* (pp. 63-145). Piracicaba, São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato.
- Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168, 521-530.
- Cantarella, H. y Raji, B. van. (1997). Milho verde e milho doce. En B. van Raji, H. Cantarella, J. A. Quaggio y A. M. C. Furlani (Eds.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo* (pp. 64-65). Campinas, São Paulo: Instituto Agronômico/Fundação IAC. (Boletim Técnico, 100).
- Cao, Y., Zhao, H., Wang, X., Wei, W., Zhang, L., Wang, L. y Wang, Y. (2011). Effects of potassium fertilization on yield, quality and sucrose metabolism of sweet maize. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 17(4), 881-887.
- Conus, L. A., Cardoso, P. C., Venturoso, L. R. y Scalon, S. P. Q. (2009). Germinação de sementes e vigor de plântulas de milho submetidas ao estresse salino induzido por diferentes sais. *Revista Brasileira de Sementes*, 31(4), 67-74.
- Deparis, G. A., Lana, M. C. y Frandoloso, J. F. (2007). Espaçamento e adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura do milho. *Acta Scientiarum Agronomy*, 29(4), 517-525.
- Ernani, P. R., Bayer, C. y Almeida, J. A. (2007). Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31, 393-402.
- Fageria, N. K. (2009). *The use of nutrients in crop plants*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Ferreira, P. A., Garcia, G. O., Neves, J. C. L., Miranda, G. V. y Santos, D. B. (2007). Produção relativa do milho e teores foliares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência Agrônoma*, 38(1), 7-16.
- Guo, W., Nazim, H., Liang, Z. y Yang, D. (2015). Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. *The Crop Journal*, 4(2), 83-91.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Lambers, H., Schjoerring, J., Skrumager Moller, I. y White, P. (2012). Function of macronutrients. En P. Marschner (Ed.). *Marschner's mineral nutrition* (pp. 135-178). Oxford, UK: Elsevier.
- Heckman, J. R. (2007). Sweet corn nutrient uptake and removal. *HortTechnology*, 17(1), 82-86.
- Hurtado, S. M. C., Resende, A. V., Corazza, E. J., Shiratsuchi, L. S. y Higashikawa, F. S. (2008). Otimização da adubação em lavoura com altos teores de potássio no solo: Uso de agricultura de precisão. En *IX Simpósio Nacional Cerrado: Il Simpósio Internacional Savanas Tropicais: 12-17 outubro: 2008: Brasília, DF, Brasil* (7p.). Brasília, DF: Embrapa Cerrados.
- Maggio, M. A. (2006). *Acúmulo de massa seca e extração de nutrientes por plantas de milho doce híbrido «Tropical»* (Tesis de maestría). Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, São Paulo.
- Malavolta, E., Vitti, G. C. y Oliveira, S. A. (1997). *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba, São Paulo: POTAFOS.
- Marschner, H. (1995). Functions of mineral nutrients: Macronutrients. En H. Marschner (Ed.). *Mineral nutrition of higher plants* (pp. 299-312). New York: Academic Press.
- Meneses, N. B. (2014). *Marcha de acúmulo de matéria-seca e de nutrientes pelo milho superdoce* (Tesis de maestría). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, São Paulo.
- Mengel, K. (2007). Potassium. En A. V. Barker y D. J. Pilbeam (Eds.). *Hand book of plant nutrition* (pp. 18-50). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Okumura, R. S., Mariano, D. C., Franco, A. A. N., Zaccheo, P. V. C. y Zorzenoni, T. O. (2013). Sweet corn: Genetic aspects, agronomic and nutritional traits. *Applied Research & Agrotechnology*, 6(1), 105-114.
- Pavinato, O. S., Ceretta, C. A., Giroto, E. y Lopes Moreira, I. C. (2008). Nitrogênio e potássio em milho irrigado: análise técnica e econômica da fertilização. *Ciência Rural*, 38(2), 358-364.
- Raji, B. van, Andrade, J. C., Cantarella, H. y Quaggio, J. A. (2001). *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: Instituto Agronômico, Fundação IAC.
- Ranade-Malvi, U. (2011). Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 24(1), 106-109.
- Rosolem, C. A., Santos, F. P. dos, Foloni, J. S. S. y Calonego JC. (2006). Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41(6), 1033-1040.
- Silva, A. L. P., Cecílio Filho, A. B., Mendoza-Cortez, J. W. y Lima Junior, J. A. (2016). Potassium fertilization of cauliflower and broccoli in a potassium-rich soil. *Ciencia e Investigación Agraria*, 43(1), 151-157.
- Silva, F. A. S., Azevedo, C. A. V. (2006). New version of the Assisat-Statistical assistance software. En *IV World Congress on Computers in Agriculture: 24-26 julio: 2006: Orlando, Florida, USA* (pp. 393-396). Orlando, FL: American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Silva, S. M., Oliveira, L. J., Faria, F. P., Reis, E. F., Carneiro, M. A. C. y Silva, S. M. (2011). Atividade da enzima nitrato reductase em milho cultivado sob diferentes níveis de adubação nitrogenada e potássica. *Ciência Rural*, 41(11), 1931-1937.
- Soil Survey Staff. 1999. *Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Washington, DC: Natural Resources Conservation Service.
- Takasu, A. T., Haga, K. I., Rodrigues, R. A. F. y Alves, C. J. (2014). Produtividade da cultura do milho em resposta à adubação potássica. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 13(2), 154-161.
- Valderrama, M., Buzetti, S., Benett, C. G. S., Andreotti, M. y Teixeira Filho, M. C. M. (2011). Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41(2), 254-263.
- Wendling, A., Foletto Eltz F. L., Cubilla, M. M., Carneiro Amado, T. J. y Mielniczuk, J. (2008). Recomendação de adubação potássica para trigo, milho e soja sob sistema plantio direto no Paraguai. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(5), 1929-1939.