

Suelos y agroquímica

Efecto de dosis de potasio sobre el rendimiento de *Coffea arabica* L. bajo poda sistemática en suelo Ferrítico¹

Carlos Alberto Bustamante-González* y Minardo Ochoa-Martínez**

Resumen

En una plantación de cafetos en Pinares de Mayarí, provincia de Holguín, se estudió el efecto de cinco niveles de potasio (0,75; 150; 225 y 300 kg • ha⁻¹ • año⁻¹ de K₂O) con los fondos N₁₀₀P₁₀₀ y N₂₄₀P₁₅₀ sobre el crecimiento y producción de *Coffea arabica* L. variedad Caturra Rojo sometido a una poda baja, plantado a 2 m x 1 m bajo sombra de *Pinus cubensis* G. en suelo ferrítico. Se empleó un diseño de bloques al azar con cinco réplicas. El fertilizante nitrogenado se fraccionó en cuatro oportunidades (25 %), en marzo, junio, septiembre y diciembre. El 100 % del fósforo se aplicó conjuntamente con el 50 % del potasio en mayo, y el resto de este último en septiembre. Los datos se ajustaron a diferentes modelos matemáticos y se seleccionó el de mejor ajuste. La acción positiva de las dosis de potasio se reflejó en el crecimiento y la producción de los cafetos. Los requerimientos anuales de potasio dependieron del nivel de rendimiento de cada año. De acuerdo con los ajustes realizados, la dosis de 75 kg • ha⁻¹ se asoció con rendimiento de 1,4 t • ha⁻¹ de café oro; dosis de 100 kg • ha⁻¹ K₂O a rendimientos cercanos a 2 t • ha⁻¹ de café oro, y la aplicación de 150 kg • ha⁻¹ a rendimientos hasta 2,5 t • ha⁻¹. Las aplicaciones anuales de 75 kg de K₂O • ha⁻¹ garantizaron la mayor eficiencia agronómica en el período experimental, y se observó también la disminución de este indicador con el incremento de las dosis aplicadas.

Palabras clave: cafeto, fertilización, potasio, rendimiento, poda.

Abstract

In a plantation of coffee trees planting in Ferritic soil at 2 m x 1 m under *Pinus cubensis* G shade, the effect of 5 levels (0, 150, 0.75, 225 and 300 kg • ha⁻¹ y r¹) of potassium with two NP levels (N₂₄₀ and P₁₅₀ N₁₀₀P₁₀₀), on growth and production of *Coffea arabica* L. variety Caturra Rojo subjected to low pruning was studied. A randomized blocks design with five replicates was used. Nitrogen fertilizer was split on four occasions (25 %), in March, June, September and December. 100 % of the phosphorus was applied together with 50 % of potassium in May, and the rest of the latter in September. Data were fitted to different mathematical models and the best fit selected. The positive action of potassium dose was reflected in the growth and production of coffee trees. The annual requirements depended on the potassium level of performance each year. According to the mathematical models dose of 75 kg ha were associated with yield of 1.4 t • ha⁻¹ of green coffee; dose of 100 kg • ha⁻¹ K₂O at yields close to 2 t • ha⁻¹ of green coffee and application of 150 kg • ha⁻¹ to yield up to 2.5 t • ha⁻¹. The annual application of 75 kg K₂O • ha⁻¹ ensured greater agronomic efficiency in the experimental period and was also observed that this indicator decreased with increasing the doses applied.

Key words: coffee, fertilization, potassium, yield, pruning.

¹ Recibido: 21-1-2014

Aprobado: 27-3-2014

* Estación Experimental AgroForestal. UCTB Tercer Frente. nutricion1@tercerfrente.inaf.co.cu

**Instituto de Investigaciones de la Industria Alimenticia. El Guatao. Ciudad de la Habana mochoa@iia.edu.cu

Introducción

A nivel mundial la fitomasa de las cosechas contiene 75, 14 y 60 millones de toneladas de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. Mientras que las aplicaciones de nitrógeno y fósforo están en el mismo nivel que las extracciones por la cosecha (de 80 y 14 millones de toneladas, respectivamente), el K es aplicado a un nivel mucho más bajo y solo se repone el 35 % del extraído, situación que es probable sea mucha más baja en los países en vías de desarrollo (Smil, 1999, citado por Römheld y Kirkby, 2010).

Es reconocido el papel del K en la mitigación del estrés hídrico y salino (Amtmann *et al.*, 2008 y Wang y Wu, 2010). Se acepta ampliamente que en general altos contenidos de K en las cosechas disminuyen la incidencia de plagas y enfermedades (Prabhu *et al.*, 2007 y Fusuo, 2010). Las demandas de K son altas, y particularmente intensas cuando las plantas alcanzan la madurez debido a las necesidades adicionales para los frutos. Su papel en la formación de almidón, a través de la activación de la síntesis de almidón, es fundamental para la producción del café (Braganca, 2008).

Muy bajas proporciones de aplicación de fertilizante potásico en la producción agrícola conllevan a una rápida disminución del K en el suelo. El empobrecimiento del K disponible para las plantas trae consigo una variedad de impactos negativos, incluyendo la disminución de la utilización óptima del nitrógeno y fósforo aplicados, disminución de los ingresos de los productores, amenaza los rendimientos de los agroecosistemas (Fusuo *et al.*, 2010), pero a su vez dosis excesivas de K causan reducciones de la producción debido al desequilibrio nutricional producto de la competición aniónica y catiónica (García *et al.*, 2002 b).

La nutrición potásica de las plantas depende de las prácticas del cultivo, especies vegetales y las condiciones medioambientales como el tipo de suelo y el clima.

La respuesta a la fertilización potásica es usual en el café producto de las altas cantidades que se exportan por la cosecha y los altos requerimientos del cultivo (Rivera, 1993). Los cafetales tecnificados demandan una cantidad considerable de nutrientes para la formación del fruto, en especial K y N (Galveas, 2009 y Sagedian *et al.*, 2013).

En ausencia de este elemento, la producción puede disminuir entre un 13 y un 71 % en las condiciones de

Brasil (Silva *et al.*, 2002), mientras que con el fertirriego en ese mismo país se recomienda reducir la dosis habitual en un 70 % (Guimarães *et al.*, 2010).

Otros autores informan de ausencia de respuesta a su aplicación en dosis que variaron de 0 a 450 kg K₂O por hectárea (Bragança *et al.*, 2009). Cervellini e Igue (1994), de igual manera, informaron la ausencia de respuesta cuando aplicaron dosis de 145 y 290 kg K₂O • ha⁻¹ durante 12 años en un Latosolo rojo de Riberao Preto y un Podzólico amarillo. Sadeghian *et al.* (2006) informan que en las condiciones de suelo de Colombia el efecto del K solo se manifestó después de cuatro años de su aplicación.

Varios son los factores que influyen en la respuesta del café al K, entre ellos se encuentran el fraccionamiento de la dosis (Viana y Miguel, 1987), la relación N/K en los fertilizantes (De Olivera y Pereira, 1984), la vía de aplicación del fertilizante potásico (Freire *et al.*, 1987), la fase de cultivo (De Olivera y Pereira, 1988) y la densidad de plantación (Prezotti y da Rocha, 2004).

En Cuba las investigaciones sobre esta temática se desarrollaron en cafetos en su primer ciclo productivo, y mostraron que la respuesta al K dependió de los tipos de suelo y la relación intercatiónica en los mismos (Ochoa y col., 1989). Hasta el presente se desconoce la magnitud de la respuesta morfológica y productiva al K en el segundo ciclo de producción del café, motivo por el cual se desarrolló la investigación.

Materiales y métodos

El experimento se desarrolló en Pinares de Mayarí (latitud norte: 20° 48' 33'' y longitud oeste: 75° 73' 33'') a 650 msnm, provincia de Holguín.

El suelo del área experimental (máximo 5 % de pendiente) fue un Ferrítico rojo púrpura con baja fertilidad; bajos contenidos de materia orgánica (2,02 %); pH H₂O ligeramente ácido -5,68-; muy bajos contenidos de P y K disponible -0,64 y 0,1 mg de P₂O₅ y K₂O en 100 g de suelo respectivamente (Oniani)- y 2,9; 1,86 y 0,4 cmol • kg⁻¹ de Ca, Mg y K, respectivamente.

La saturación de K en las bases cambiables es del 2,05 %, lo que es un valor favorable para su absorción según las consideraciones de Do Amaral *et al.* (2002). Guillobez *et al.* (1990) consideran el valor de 0,35 de la relación K/Mg como extremo para la existencia de respuesta al K. En el suelo del experimento esta relación alcanzó el valor de 0,26.

Durante el período experimental se precipitaron como promedio 1620 mm de lluvia anual en 174 días. La temperatura media anual fue de 21,4 °C, que se ubica en el rango de temperaturas adecuadas para la especie *Coffea arabica* L. (14-28 °C) según el modelo FAO Eco-Crop (Hagggar y Schepp, 2012).

Se estudió la combinación de cinco niveles de K_2O (0; 75; 150; 225 y 300 $kg \cdot ha^{-1}$ año) y dos fondos: $N_{160} P_{100}$ y $N_{240} P_{150}$ $kg \cdot ha^{-1}$) en un diseño factorial con cuatro réplicas.

Los cafetos (*Coffea arabica* L. variedad Caturra Rojo) se plantaron a 2 m x 1 m en julio de 1981 bajo sombra de pino (*Pinus cubensis* G.). El promedio de producción del primer ciclo productivo en condiciones de una adecuada fertilización alcanzó valores cercanos a las 2 t $\cdot ha^{-1}$ de café oro. En enero de 1988 se realizó el desoque de la plantación a 30 cm de altura y luego de los deshijes se seleccionaron dos ejes por pie de tallo.

Como portadores se utilizaron el nitrato de amonio (34 % N); el superfosfato sencillo (20 % P_2O_5) y el cloruro de potasio (60 % K_2O). El fertilizante nitrogenado se fraccionó en cuatro oportunidades (25 %), en marzo, junio, septiembre y diciembre. El 100 % del P se aplicó conjuntamente con el 50 % del K en mayo, y el resto de este último en septiembre.

En marzo de cada año se midió la altura y el diámetro de la copa de los cafetos, y en el período entre agosto y diciembre se cosecharon las plantas.

Los datos de las evaluaciones se procesaron por un análisis de varianza de clasificación doble y se utilizó la prueba de Duncan para la comparación de medias. Se realizaron ajustes por modelos discontinuos (Waugh *et al.*, 1973) o continuos (cuadrático, rectilíneo, lineal, logarítmico) y se escogió el modelo que mayor ajuste presentó.

Se calculó la eficiencia agronómica (EA) para la dosis óptima propuesta en cada año según la fórmula propuesta por Stewart (2007).

$$EA = (R - R_0)/D$$

donde:

R: Rendimiento del cultivo con aplicación del nutriente ($kg \cdot ha^{-1}$).

R₀: Rendimiento del cultivo sin aplicación del nutriente ($kg \cdot ha^{-1}$).

D: Dosis del nutriente ($kg \cdot ha^{-1}$).

Resultados y discusión

Se encontró un efecto positivo de los fondos de NP y de las dosis de K en el crecimiento del cafeto (Tabla 1), así como en la interacción de ambos factores.

Tabla 1. Efecto de la dosis de K en los indicadores de crecimiento de los brotes (cm) hasta el quinto año después de la poda

Tratamiento	1 ^{er} año		2 ^{do} año		3 ^{er} año		4 ^{to} año		5 ^{to} año	
	A	DC	A	DC	A	DC	A	DC	A	DC
$N_{240} P_{150}$										
K_0	25,0b	24,4b	81,9b	79,1b	102,4c	102,0c	173,2c	167,8c	188,1c	174,9c
K_{75}	37,9 ^a	36,8 ^a	103,6 ^a	79,1b	178,3b	177,2b	228,5b	225,4b	225,1b	248,1b
K_{150}	38,1 ^a	36,9 ^a	103,5 ^a	101,1a	198,0a	197,9 ^a	251,3a	248,9a	288,9a	276,2 ^a
K_{225}	38,4 ^a	37,4 ^a	103,5 ^a	102,2a	200,4a	198,0a	253,6b	251,5a	289,1a	281,0a
K_{300}	39,9a	38,2 ^a	104,0a	103,0a	201,4a	200,0a	254,2a	252,5a	290,8a	282,7 ^a
E.E, x	0,4 ^{**}	0,4 ^{**}	0,9 ^{**}	0,8 ^{**}	1,1 ^{**}	1,1 ^{**}	1,9 ^{**}	1,9 ^{**}	2,7 ^{**}	1,9 ^{**}
C.V, %	10,6	9,7	8,5	9,0	8,1	8,1	6,5	8,9	5,4	6,2
$N_{160} P_{100}$	34,0b	32,9b	95,2b	93,8b	153,1b	150,8b	221,9b	219,0b	236,2b	233,0b
$N_{240} P_{150}$	40,2a	39,0a	103,9 ^a	100,2a	188,0a	187,0a	242,4a	239,5a	258,6a	252,6b
E. E, x.	0,4 ^{**}	0,4 ^{**}	0,7 ^{**}	0,6 ^{**}	2,2 ^{**}	1,2 ^{**}	1,8 ^{**}	1,2 ^{**}	2,0 ^{**}	1,8 ^{**}

**Medias con letras desiguales difieren significativamente según dística de Duncan para $p < 0,01$.

A: Altura DC: Diámetro de la copa

El crecimiento de los cafetos al aplicar el fondo $N_{240}P_{150}$ se incrementó en valores que oscilaron entre 9,23-22,8 % para la altura, y 6,8-22,8 % para el diámetro de la copa con respecto a los alcanzados en el fondo $N_{160}P_{100}$. Independientemente de la variable evaluada, los incrementos relativos anuales mostraron alternancia para luego tender a equilibrarse al quinto año. El café produce en madera nueva, y este comportamiento se relaciona con la alternancia en la producción (Prezotti y Da Rocha, 2004).

Los cafetos presentaron relaciones altura/diámetro de las copas cercanas a 1 e indicadoras de un óptimo creci-

miento, lo que puede explicar la entrada en producción al año de la poda, según indica Rivera (1993).

Los requerimientos de los cafetos en K fueron incrementándose con el tiempo. En los dos primeros años después de la poda fueron suficientes las aplicaciones de K_{75} para aumentar a K_{150} a partir del tercer año y hasta concluir el experimento.

La producción de los cafetos se diferenció de acuerdo con las aplicaciones de NP. El fondo $N_{160}P_{100}$ garantizó solo el 61 % del rendimiento acumulado que se obtuvo en $N_{240}P_{150}$ (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de la dosis de K y los fondos de NP sobre el rendimiento de los cafetos (toneladas · ha⁻¹ de café oro)

Tratamiento kg/ha ⁻¹	2 ^{do} año	3 ^{er} año	4 ^{to} año	5 ^{to} año	Acumulado	%
$N_{240}P_{150}$						
K_0	0,58b	0,75b	0,62c	0,36c	2,31c	25,6
K_{75}	1,38 a	1,87b	1,72b	1,51b	6,48b	71,8
K_{150}	1,34 a	2,39 ^a	2,22 ^a	1,97a	7,92 ^a	87,7
K_{225}	1,34 a	2,38 ^a	2,27a	1,99a	7,98a	88,4
K_{300}	1,38 a	3,41 ^a	2,26a	1,98a	9,03a	100
E. E., x	0,02**	0,02**	0,02**	1,14**	0,32**	
C. V., %	10,43	8,85	8,04	9,81	10,18	
$N_{160}P_{100}$	0,84b	1,18b	1,08b	0,93b	4,03b	60,6
$N_{240}P_{150}$	1,21a	2,06a	1,82a	1,56a	6,65a	100
E.E., X	0,12**	0,11**	0,08**	0,09**	0,21**	

**Letras desiguales implican diferencias significativas al 99 %, según prueba de Duncan.

Los mayores niveles de producción en este último fondo reafirman lo expresado por Viana *et al.* (1985a) sobre la importancia del equilibrio N/K en la producción, principalmente en suelos con altas relaciones Ca/K y Mg/K, como el ferrítico.

La respuesta productiva a la absorción de K depende del suministro de N, y esta interacción normalmente es positiva. La dosis de aplicación de N, momento de aplicación, y sus portadores influyen en la fijación y liberación del K, así como su absorción, transporte, ciclo y reutilización por las cosechas. La aplicación de dosis óptimas de N y K favorecen el rendimiento de los cultivos y su calidad, así como la resistencia al estrés. Dosis superiores a la demanda de la cosecha no lleva a aumentos en el rendimiento, y puede incluso causar una reducción del mismo (Fusuo, 2010).

Los requerimientos anuales del fertilizante potásico dependieron del nivel de rendimiento, y se obtuvo que las dosis óptimas se mueven en el intervalo de 75-150 kg · ha⁻¹. Dosis de 75 kg · ha⁻¹ estuvieron asociadas a rendimientos de 1,36 t · ha⁻¹ café oro; dosis de 105 kg · ha⁻¹ para rendimientos cercanos a 2 t · ha⁻¹ de café oro y de 111 kg · ha⁻¹ para rendimientos hasta 2,25 t · ha⁻¹ (Fig. 1).

Según Molin *et al.* (2010), en años con bajos rendimientos las dosis de fertilizante a aplicar son inferiores a las de años con altos niveles productivos.

Viana *et al.* (1985b), en un Latosol vermelo oscuro, obtuvieron 42,5 sacas/ha con 75 kg · ha⁻¹, mientras Oliveira y Pereira (1987) 32 sacas con 241 kg de K_2O . Santinato, Oliveira y Pereira (1996), aplicando dosis crecientes de K desde 0, 137, 175, 212 y 251 kg de K/ha con la variedad Acaíá, observaron la mayor producción

con 212 kg de K. Barros *et al.* (1997) para Catuai amarillo con 9523 plantas/ha⁻¹ al aplicar dosis de 600 kg de K en Latossolo vérmelo amarillo. Silva (1999) encontró

respuesta cuadrática al K en cuatro zafras, e informa de la máxima producción con la aplicación de 233 a 302 kg de K₂O • ha⁻¹.

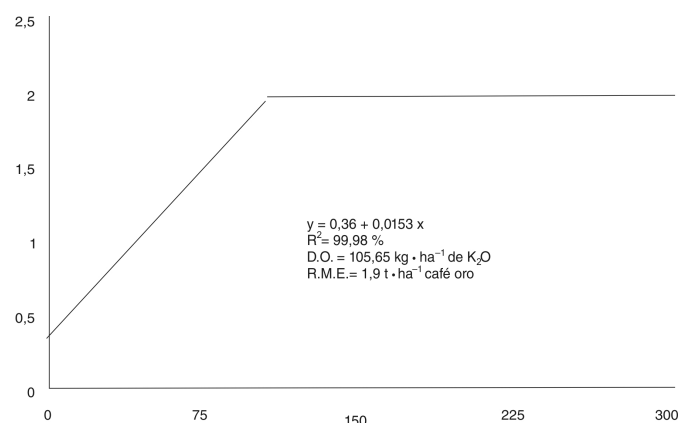
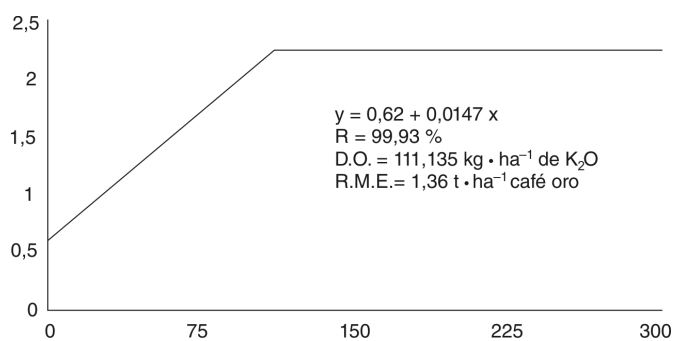
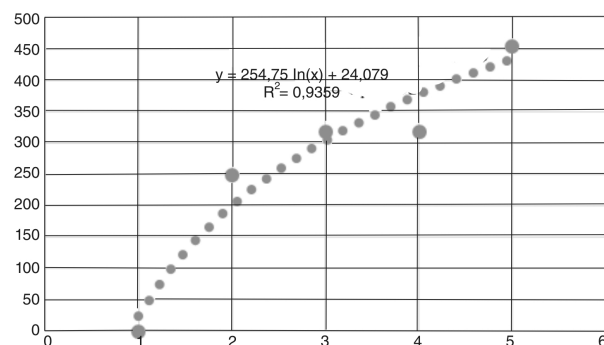
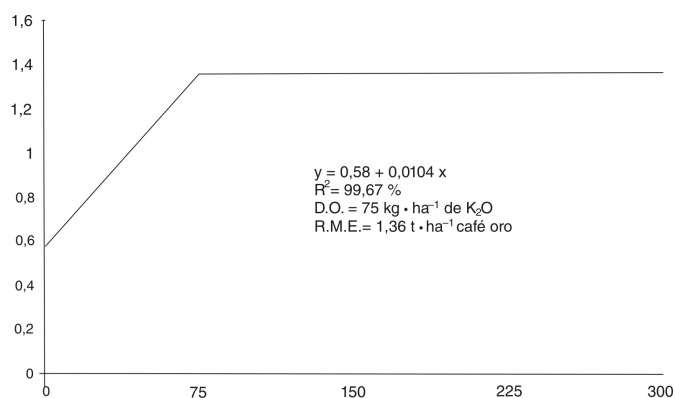


Fig. 1. Relación entre el rendimiento y las dosis de K de izquierda a derecha y de arriba abajo: segundo año después de la poda (ddp); tercer año ddp; cuarto año ddp y quinto año ddp.

Al considerar los altos rendimientos alcanzados se pueden considerar bajas las dosis de K estimadas con relación a las informadas en otros países, lo que pudiera estar relacionado con el bajo suministro de K de estos suelos y los bajos valores de Ca + Mg en el suelo, que conllevan a que no se exprese el antagonismo K, Ca, Mg sobre la absorción del K. García *et al.* (2002a), en estudio realizado en Brasil en suelos con diferentes valores de capacidad de intercambio catiónico (CIC), determinaron que con valores del 4 % de K en la CIC se pueden obtener producciones satisfactorias de café sin necesidad de aplicación adicional del nutriente.

Las anteriores afirmaciones posibilitan afirmar que en las condiciones del suelo Ferrítico el K aplicado fue eficientemente absorbido por el café. Según Rivera (2006), el coeficiente de aprovechamiento del fertilizante potásico en este suelo osciló entre el 66-78 %.

Los requerimientos nutricionales del café en este ciclo productivo presentan similar magnitud que los correspondientes a los índices morfológicos: 75 kg de K₂O • ha⁻¹ en el primer año de producción (cerca de 1,4 t de café oro • ha⁻¹) y de 150 kg de K₂O • ha⁻¹ en los años posteriores, con rendimientos entre 1,97-2,4 t de café oro • ha⁻¹ y en el acumulado, como se muestra en la *tabla 2*.

El tratamiento K_0 solo garantizó entre el 18 y el 42 % del rendimiento máximo alcanzado en los diferentes años, y un valor promedio del 26 % en el acumulado, valor superior al que se obtuvo en el primer ciclo de producción. Esto puede relacionarse, además del equilibrio catiónico del suelo, con el reciclaje de nutrientes que se obtiene con los restos vegetales que aporta el cultivo en su fase de fomento (Jessy, 2011). Bustamante (1991) informó sobre el retorno entre 9,2 y 25,1 kg de $K_2O \cdot ha^{-1}$ en ocho meses en una plantación de cafetos en esta localidad.

En Brasil, De Oliveira y Pereira (1988) comunicaron el efecto depresivo del K a partir de 75 kg de $K_2O \cdot ha^{-1}$ en un Latosol con 40 ppm de K.

En Cuba, Rivera (2006), al realizar un resumen de la fertilización potásica en los principales suelos del país, informa de dosis óptima entre 75 y 100 kg K_2O en los suelos Ferríticos, 450 kg en los suelos Ferralíticos y 200-300 kg en los suelos Pardos, y relaciona esta diapasón además del rendimiento al aprovechamiento del fertilizante potásico, el cual desciende a medida que se incrementan las cantidades de Ca y Mg en las bases

intercambiables del suelo y su relación con el K intercambiable.

La correlación entre la producción de los cafetos y las dosis de fertilizantes en los diferentes años mostró un mejor ajuste con el modelo discontinuo, resultando las siguientes recomendaciones: para el primer año 75 kg de K_2O ($r^2 = 99,67^{**}$), para el segundo 132,4 kg ($r^2 = 93,59^*$), para el tercero 108 kg ($r^2 = 99,93^*$) y para el cuarto 105,6 kg ($r^2 = 99,98^{**}$).

La eficiencia con la que los cultivos utilizan el fertilizante aplicado es de suma importancia económica, dado que está relacionada directamente con el beneficio de la fertilización, el incremento de la productividad, la reducción de los costos de producción. Desde el punto de vista medioambiental, cuanto mayor sea la eficiencia de uso, menor fertilizante residual susceptible de ser lixiviado quedará en el sistema, y por tanto, menor será el riesgo de contaminación (Do Amaral *et al.*, 2010).

Las aplicaciones anuales de 75 kg de $K_2O \cdot ha^{-1}$ garantizaron la mayor eficiencia en el período experimental, y se observó también la disminución de este indicador con el incremento de las dosis aplicadas (Tabla 3).

Tabla 3. Eficiencia agronómica de la aplicación de dosis de K (kg incremento rendimiento $\cdot kg^{-1} K_2O$ aplicado)

Dosis año	2 ^{do} año	3 ^{er} año	4 ^{to} año	5 ^{to} año	Acumulado
75	10,7	14,9	14,7	15,3	55,6
150	5,1	10,9	10,7	10,7	37,4
225	3,4	7,2	7,3	7,2	25,2
300	2,7	8,9	5,5	5,4	22,4

Do Amaral *et al.* (2010) encontraron en Brasil diferencia en el uso eficiente de nutrientes por diferentes variedades de cafetos en dependencia del nivel de fertilizantes aplicado.

En Cuba, para la especie *canephora* Pérez (2011) encontró indicadores de eficiencia agronómica para el N que oscilaron entre 3,1 y 8,65; pero en condiciones de los suelos Pardos, con alta saturación de bases y fuerte antagonismo a la absorción del K.

Conclusiones

- La respuesta positiva del cafeto ante las aplicaciones del fertilizante potásico fue superior con las dosis superiores de N y P aplicadas.

- Los requerimientos anuales del fertilizante potásico dependieron del nivel de rendimiento. Las dosis óptimas oscilaron en el intervalo de 75-150 kg $\cdot ha^{-1}$. Dosis de 75 kg $\cdot ha^{-1}$ estuvieron asociadas a rendimientos de 1,36 t café oro $\cdot ha^{-1}$; dosis de 105 kg $\cdot ha^{-1}$ a rendimientos cercanos a 2 t $\cdot ha^{-1}$ de café oro, y de 111 kg $\cdot ha^{-1}$ para rendimientos hasta 2,25 t $\cdot ha^{-1}$.
- Las aplicaciones anuales de 75 kg de $K_2O \cdot ha^{-1}$ garantizaron la mayor eficiencia agronómica en el período experimental, y se observó también la disminución de este indicador con el incremento de las dosis.

Bibliografía

- Amtmann, A.; Troufflard, S. and P. Armengaud: The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. *Physiol. Plant.* 133: 682–691, 2008.
- Barros, U. V; Santinato, R.; Matiello, J. B. e C. M. Barbosa: Níveis de nitrogênio e potássio para formação e produção do cafeeiro adensado. In: *Congreso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 23; Manhuaçu, 1997. Anais... Rio de Janeiro: SDR/PORCAFÉ/PNFC*, pp., 50- 51, 1997.
- Bragança, S. M.; Silva, E. B.; Martins, A. G.; Santos, L. P.; Lani, J. A. and P. S. Volpi: Response of Conilon coffee (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner.) plants to NPK application in condensed planting system. *Coffee Science*. 4(1): 67-75, January 2009.
- Braganca, Scheilla; Herminia Prieto; Leite, H. G.; Pereira, L.; Sediya, C. S.; Alvarez, V. H. and J. A. Lani: Accumulation of Macronutrients for the Conilon Coffee Tree. *Journal of Plant Nutrition* 31: 103–120, 2008.
- Bustamante, C.: “Optimización del régimen del N en el suelo Pardo y Ferrítico de Cuba cultivados con cafetos” [inédito], tesis de candidatura. Járkov: Instituto de Investigaciones Agroquímicas, URSS, 1991.
- Cakmak, I.: Potassium for better crop production and quality. *Plant Soil* 335:1–2, 2010.
- Cervellini, G. S. e T. Igue: Adubação mineral e organica do cafeeiro. *Bragantia* 53 (1): 83-93,1994.
- De Olivera, J. A. e J. E. Pereira: Efeito da adubação nitrogenada e potássica na formação do cafeeiro em latossolo vermelho amarelo distrófico húmico. En: *11 Congreso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Resumos. – Londrina: Instituto Brasileiro do Café*, pp. 40-45, 1984.
- De Oliveira, J. A. e J. E. Pereira: Efeito da adubação nitrogenada e potássica na formação e produção do cafeeiro em LVHd. In: *Congreso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 14.; Campinas, 1987. Anais... Rio de Janeiro: IBC/GERCA*. pp.133 – 136, 1987 a.
- De Oliveira, J. A. e J. E. Pereira: Efeito da adubação nitrogenada e potássica na formação e produção do cafeeiro em LVHd. *Cafeicultura moderna* 2: 10-12, 1988.
- do Amaral, J. F. T; Martinez, H. E. P.; Laviola, B. G.; Tomaz, M. A.; Filho, E. I. F. and C.D. Cruz: Productivity and efficiency of nutrient use in coffee crops. *Coffee Science* Volume 6(1): 65-74, 2010.
- do Amaral, A. S.; Arruda, L. H. F.; Filho, S. L. e A. S. Louback: Níveis de nitrogênio e potássio na produção de cafeeiro adensados na zona da Mata de Minas. In: *28 Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Trabalhos apresentados. Caxambu-MG: SARC/PORCAFÉ SPS/DECAF*. pp. 95-97, 2002.
- Freire, A.; Lacerda, M.; Viana, A. e C. Andrade: Estudo de redução de adubação potássica via solo e fontes de K via folha em cafeeiros Mundo Novo, implantados em solo de Cerrados. En: *14 Congreso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Resumos. Campinas: Instituto Brasileiro do Café*, pp. 228-230, 1987.
- Fusuo, Zhang; Junfang, Niu; Weifeng, Zhang; Xinping, Chen; Chunjian, Li; Lixing, Yuan and Xie Jianchang: Potassium nutrition of crops under varied regimes of nitrogen supply. *Plant and Soil*. 335: 21–34; 2010.
- Galveas, B; Prieto, H. E.; de Souza, R. B.; Chamhum, L. C. and C. D. Cruz: Macronutrient Accumulation in Coffee Fruits at Brazilian Zona Da Mata Conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 32: 980–995, 2009.
- Garcia A. W. R; Japiassú, L. B. e G. B. Frota: Determinação da saturação de potássio ideal para a cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em solos com diferentes valores para a capacidade de troca catiónica. In: *28 Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Trabalhos apresentados. Caxambu-MG: SARC/PORCAFÉ SPS/DECAF*. pp. 50 – 51, 2002a.
- Garcia A. W. R.; Silva, E. B.; Guimarães, P.T. G.; Nogueira, F. D.; Japiassu, L. B. e A. E. Furtini: Adubação de nitrogênio, fósforo e potássio em cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em sistema de plantio adensado. In: *28 Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Trabalhos apresentados. Caxambu-MG: SARC/PORCAFÉ SPS/DECAF*. pp. 83 – 84, 2002b.
- Guillobez, S.; Casting, X. e B. Sallée: L'antagonisme potassium - magnesium chez le caféier arabica dans la région de l'Ouest Cameroun. *Café Cacao Thé* 34 (4): 265-280, 1990.
- Guimarães, R. J.; Scalco, M. S; Colombo, A.; Assis, G. A.; Carvalho, G. R. e L. P. B. Alexandre: Adubação para primeiro ano pós-plantio (N e K 2O) de cafeeiros fertirrigados na região sul de Minas Gerais. *Coffee Science*. 5(2): 137-147, 2010.
- Haggar; J. and Kathleen Schepp: Coffee and Climate Change. Impacts and options for adaption in Brazil, Guatemala, Tanzania and Vietnam. London: GIZ. P. 3, 2012.
- Jessy, M. D.: Potassium management in plantation crops with special reference to tea, coffee and rubber Karnataka *J. Agric. Sci.* 24 (1): 67-74, 2011.

- Molin, J. P.; de Araujo, A. V.; Frasson, Flavia R.; Faulin, G. Di Ch. and W. Tosta: Test procedure for variable rate fertilizer on coffee. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 32(4): 569-575, 2010.
- Ochoa, M.; Bustamante, C.; Rodríguez, F. y J. Pérez: Efecto de dosis de potasio con fondos fijos de nitrógeno y fósforo, sobre el crecimiento y la producción del café en su fase de fomento. *Cienc. Téc. Agric. Café y Cacao* 11(1): 39-51, 1989.
- Pérez, A.: "Fertilización y requerimientos de nitrógeno para plantaciones de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner var. Robusta cultivada en suelos Pardos de la región oriental premontañosa de Cuba" [inédito], tesis de candidatura. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). San José de las Lajas, La Habana, 2011.
- Prabhu, A. S.; Fageria, N. K.; Huber, D. M. and F. A. Rodrigues: Potassium and plant disease. In: *Datnoff LE, W. H. Elmer; D. M. Huber (eds) Mineral nutrition and plant disease*. The American Phytopathological Soc Press, Saint Paul, pp 57– 78, 2007.
- Prezotti, L. C. e A. C. da Rocha: Nutrição do café em função da densidade de plantas e da fertilização com NPK. *Bragantia*. 63(2): 239-251, 2004.
- Rivera, R.: Crecimiento, nutrición y fertilización (NPK) del café a plena exposición solar, sobre suelos Ferralíticos Rojos. *Cultivos Tropicales* 14(2-3): 5 – 36, 1993.
- Rivera, R.: Nutrición y fertilización del *Coffea arabica* en Cuba. En: *El cultivo del café en Cuba. Investigaciones y Resultados*. p. 500. ISBN 959-7023-37-7, 2006.
- Römheld, V. E. e A. Kirkby: Research on potassium in agriculture: needs and prospects. *Plant Soil* 335:155–180, 2010.
- Sadeghian, S.; García, J. C. y Esther Montoya: Respuesta del cultivo de café a la fertilización con N,P,K y Mg en dos fincas del departamento del Quindío. *Cenicafé*. 57 (1): 58 – 69, 2006.
- Sadeghian, S.; Mejía, Beatriz y H. González: Acumulación de nitrógeno, fósforo y potasio en los frutos de café. *Avances Técnicos Cenicafé*. 429: 1-8, 2013.
- Santinato, R.; Oliveira, L. H. e E. M. Pereira: Efeitos do uso de salitre de potássio como fonte de nitrogênio e potássio na adubação química do café. – Carmo do paranaíba/ MG – 1992/1996. In: *Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 22.; Aguas de Lindóia, 1996. Anais... Sao Paulo: SDR/PORCAFÉ/EMBRAPA/DENAC/CATI*, pp.180-184, 1996.
- Silva, E. B.: Fontes e doses de potássio na produção e qualidade do café proveniente de plantas cultivadas em duas condições edafoclimáticas. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 105 pp., 1999.
- Silva, V. A.; Santinato, R.; Sertório, R.; Puccinell, L. i. e C. Bernardes: Efeito dos macros e micro nutrientes (N P K Ca Mg S Zn B Cu e Mg) na formação e produção do café em solo Latossolo Vermelho e Amarelo faze arenosa (LVA) com cultivo anterior na região cafeeira de Franca – SP. In: *28 Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. Trabalhos apresentados. Caxambu-MG: SARC/PORCAFÉ SPS/DECAF*. pp.130-132, 2002.
- Stewart, W. M.: Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. *Informaciones Agronómicas*. 67: 1 – 6, 2007.
- Viana, A. S.; Garcia, A. W. R.; Correa, J. B. e J. M. Mata: Estudo de níveis e relação N/K, em cafeeiros plantados em solos L.E. In: *Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 12.; Caxambu, 1985. Anais... Rio de Janeiro: IBC/GERCA*. pp.139-142, 1985 a.
- Viana, A. S. e A. E. Miguel: Doses de parcelamento de adubação nitrogenada e potássica para formação e produção do café, em solo de cerrado. In: *Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 14.; Campinas, 1987.resumos... Rio de Janeiro: MIC/IBC*, pp.249-252, 1987.
- Viana, A. S.; A. Garcia, W. R.; Lacerda, M. P. e N. Fiorante. Níveis e relação N/K em cafezais plantados em espaçamento 2 x 1m. In: *Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 12.; Caxambu, 1985. Anais... Rio de Janeiro: IBC/GERCA*. pp.66-69, 1985 a.
- Viana, A. S.; Miguel, A. E. I; Correa, J. B.; Lacerda, M. P. e N. Fiorante: Doses de parcelamento de adubação nitrogenada e potássica para formação e produção do café em solo de cerrado. In: *Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 12.; Caxambu, 1985. Anais... Rio de Janeiro: IBC/GERCA*. pp.146-148, 1985 b.
- Wang, Y. and W. H. Wu: Plant sensing and signaling in response to K+ deficiency. *Mol Plant* 3:280–287, 2010.
- Waugh, D. I.; Cate, R. B. y L. Nelson: Modelos discontinuos para una rápida correlación, interpretación y utilización de los datos de análisis de suelos y las respuestas a los fertilizantes. Boletín Técnico 7. Proyecto Internacional de Evaluación y Mejoramiento de la Fertilidad del Suelo. Universidad Carolina del Norte.106 p. 1972.