

Suelos y agroquímica

Efecto del FitoMas E en la eficiencia de utilización de nutrientes por posturas de variedades de *Coffea arabica* L.¹

Carlos Alberto Bustamante-González* y Yusdel Ferrás-Negrín**

Resumen

Se estudió el efecto del FitoMas E en los contenidos y absorción de nutrientes en posturas de cinco variedades de *Coffea arabica* L., así como la variación en la eficiencia de utilización de los mismos. El experimento se desarrolló en el vivero de la Estación Experimental Agro-Forestal de Tercer Frente, provincia de Santiago de Cuba. Desde el segundo y hasta el quinto par de hojas las posturas recibieron mensualmente el bioestimulante vía foliar en concentración al 1 %. A partir de las concentraciones de nutrientes en el sistema aéreo y radical se calcularon la absorción de los mismos y la eficiencia de su utilización. Las aplicaciones de FitoMas E incrementaron la concentración de nitrógeno en las hojas y de nitrógeno y potasio en las raíces. El FitoMas E incrementó la absorción de nitrógeno por las posturas de café en 103 %, la de fósforo en 46 % y la de potasio en 40 %. La variedad Caturra rojo tuvo los menores valores de absorción de los tres nutrientes y se diferenció significativamente del resto. Las variedades, con respecto al incremento de la absorción del nitrógeno y el fósforo, se ubicaron en el orden Isla 5-3 > Catuai amarillo > Isla 6-11 > Laferno > Caturra rojo. Con respecto al potasio, fue Catuai amarillo > Isla 5-3 > Isla 6-11 > Laferno > Caturra rojo. La aplicación del FitoMas E incrementó significativamente la eficiencia del uso de fósforo y potasio, pero no del nitrógeno. El Catuai amarillo mostró la mayor eficiencia de uso de los tres nutrientes, mientras que el Caturra rojo se caracterizó por la menor.

Palabras clave: absorción, bioestimulante, cafeto, nutrición.

Abstract

The effect of the FitoMas E on the contents, uptake as well as the variation in the efficiency of absorption of nitrogen, phosphorus and potassium was studied in 5 varieties of *Coffea arabica* L. The experiment was developed in the nursery of the Estación Experimental Agro-Forestal of Tercer Frente, Santiago de Cuba province. The applications of FitoMas E increased the nitrogen concentration in the leaves but not those of phosphorus and potassium. In the roots, the product increased the nitrogen contents and potassium but it depressed those of phosphorus. The FitoMas E increased the nitrogen absorption by the coffee seedlings in 104 %, that of phosphorus in 49 % and that of potassium in 38 % in comparison with the non-application. The variety Caturra rojo showed the smallest values in absorption of the three nutrients and differed significantly of the rest. With regard to the absorption of the nitrogen and phosphorus the varieties were located in the order Isla 5-3 > Catuai Amarillo > Isla 6-11 > Laferno > Caturra rojo. With regard to the potassium Catuai Amarillo > Isla 5-3 > Isla 6-11 > Laferno > Caturra rojo. The application of the FitoMas E increased the efficiency of the phosphorus use and potassium significantly but not of the nitrogen. The variety Catuai Amarillo showed the biggest efficiency in use of the three nutrients while the Caturra rojo was characterized by the minor.

Key words: absorption, biostimulant, coffee, nutrition.

¹ Recibido: 12/1/2018

Aprobado: 22/2/2018

*Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente, Santiago de Cuba marlonalejandro2012@gmail.com

**Estación Experimental Agro-Forestal Jibacoa, Manicaragua, Villa Clara. yusdel@jibacoa.inaf.co.cu

Introducción

La variación genética es uno de los factores principales que promueve la diferencia con relación a la nutrición mineral de variedades de una misma especie (Fageria, 1998), y es un factor que se considera en las investigaciones de genotipos con potencial de adaptación a las condiciones de limitantes nutricionales (Machado *et al.*, 2004 y Tomaz *et al.*, 2011). Como la absorción, el transporte y la redistribución de los nutrientes tienen un control genético, y por ello es posible mejorar o seleccionar variedades con una utilización más eficiente de los mismos (Fageira y Moreira, 2011, citados por Martins *et al.*, 2015).

Investigaciones en Brasil revelaron que el cultivar Catuaí, comparado con el Mundo Novo, es menos exigente en N y P, pero más en K, Ca, B, Fe, Mn y Zn, y ambos prácticamente presentan el mismo requerimiento en Mg, S y Cu (Malavolta, 1993).

Fahl *et al.* (1998) observaron que los injertos pueden alterar los tenores de macro y micronutrientes de la parte aérea de las plantas debido a la selectividad diferencial del sistema radicular del portainjertos en absorber los nutrientes.

El término eficiencia nutricional es utilizado para caracterizar la capacidad de las plantas de absorber y utilizar nutrientes (Martins *et al.*, 2015), y se relaciona con términos como la eficiencia de absorción, translocación y utilización de nutrientes (Amaral *et al.*, 2011). La eficiencia de utilización de los nutrientes refleja la habilidad de un cultivar de producir bien en condiciones de baja disponibilidad de nutrientes en el suelo (Amaral *et al.*, 2008).

La eficiencia de absorción está relacionada con la tasa de absorción de nutrientes por unidad de masa de la raíz y puede ser evaluada en estudios de cinética de absorción de nutrientes. Como eficiencia nutricional también se menciona la producción por unidad de fertilizante aplicado y otros términos en el ámbito de la fisiología y la agronomía resumidos en el trabajo de Martins *et al.* (2015).

Amaral *et al.* (2011) revelaron que la diferenciación de cultivares de cafetos en cuanto a la eficiencia de utilización de nutrientes fue más evidente en suelos con baja disponibilidad de los mismos y encontraron mayor eficiencia nutricional en variedades de café de porte bajo.

Existe información sobre la nutrición mineral y orgánica del cafeto, pero no es frecuente la literatura sobre la eficiencia de este proceso y las investigaciones publica-

das se refieren principalmente a la fase de producción, y no a la fase de vivero. En base a los conocimientos de que la diferencia varietal influye en la eficiencia de utilización de los nutrientes, se realizó la investigación con el objetivo de establecer el efecto del bioestimulante cubano FitoMas E, la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio, así como en la eficiencia de utilización de estos nutrientes por posturas de cinco variedades de cafetos.

Materiales y métodos

La investigación se realizó bajo sombra de malla de polietileno de alta densidad (sarán 50 %), en el vivero de la Estación Experimental Agro-Forestal de Tercer Frente (20°09' lat. N y 76°16' long. O, 135 msnm de altura), provincia de Santiago de Cuba en el período 2013-2014.

El experimento se desarrolló en un diseño completamente aleatorizado en esquema factorial 5 x 2, siendo los factores estudiados: cinco variedades de café arábica (Isla 5-3, Isla 6-11, Caturra rojo, Laferno y Catuai amarillo) y dos niveles de FitoMas E: con y sin su aplicación. Las características del diseño, número de posturas y manejo de este experimento se reflejaron en la anterior publicación (Bustamante y col., 2018).

Las posturas crecieron en un sustrato (suelo Pardo sin carbonatos y cachaza en proporción 3/1) con un 3,8 % de materia orgánica, pH ligeramente ácido-KCl 6,8; altos contenidos de fósforo (224,4 mg P_2O_5 100 g⁻¹ de suelo) y potasio disponible (51,3 mg K_2O 100 g⁻¹ de suelo), respectivamente.

El FitoMas E fue suministrado por el Instituto Cubano de Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Todas las aplicaciones del FitoMas E se realizaron antes de las diez de la mañana, con una mochila Matabí de 16 L de capacidad y a presión constante. El producto se aplicó al 1 % por vía foliar, mensualmente, desde el segundo y hasta el quinto par de hojas. Las aplicaciones se realizaron con el uso de separadores de metal para evitar interferencias entre las parcelas. A los tratamientos sin aplicación del FitoMas E se les aplicó agua el mismo día que el resto de los tratamientos.

Al alcanzar las posturas el sexto par de hojas se dividieron las plantas en sistema aéreo (hojas y tallos) y sistema radical. Se lavaron con agua, se acondicionaron en papel y se secaron en estufa con circulación forzada de aire, a 70 °C, hasta peso constante. Luego fueron molidas y tamizadas a 0,2 mm.

Los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio Provincial de Suelos de Barajagua, provincia de Cienfuegos. Se realizó la mineralización en una mezcla ácido sulfúrico selenio, y con los extractos se realizó la determinación de la concentración de nitrógeno por el método Kjeldahl; del fósforo por colorimetría por el método del azul de molibdeno y la del potasio por fotometría de llama.

A partir de los valores de masa seca y los contenidos de nutrientes se calculó la absorción de los nutrientes, mientras que la eficiencia de uso de los nutrientes (EU) se estimó según la fórmula de Siddiqi y Glass (1981), citado por Tomaz *et al.* (2008) $EU = (\text{materia seca de la planta})^2 / \text{nutriente en la planta}$.

Para el procesamiento estadístico se comprobó la normalidad de los datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, y la homogeneidad de la varianza por la prueba de Levene. Posteriormente se realizó el análisis de varianza a los datos. Para la determinación de las diferencias entre los tratamientos se utilizó la dócima de comparación de rangos múltiples de Duncan para $p \leq 0,05$.

Resultados y discusión

Se encontraron diferencias significativas en los factores en estudio y su interacción (*Tabla 1*) para los contenidos de nutrientes en hojas y raíces.

Para el factor FitoMas E se observó un incremento significativo de la concentración de nitrógeno en las hojas, pero no se encontró efecto para el fósforo y potasio en este órgano. Esta situación pudiera estar relacionada a la buena fertilidad del sustrato utilizado, que se caracterizó por los altos contenidos de fósforo y potasio disponible. En las raíces, el producto incrementó los contenidos de nitrógeno y potasio, pero deprimió los de fósforo (*Tabla 1*).

Se encontraron diferencias en los contenidos de nutrientes entre las variedades. De manera general no se pudo definir un patrón de comportamiento, pero sí destaca el hecho de que la variedad Laferno se caracterizó por los valores más elevados en la concentración de fósforo y potasio (*Tabla 1*).

La interacción variedad – FitoMas E fue muy significativa, y reveló que solo en la variedad Isla 6-11 las aplicaciones foliares no incrementaron significativamente los contenidos de nitrógeno en las hojas. Con respecto al fósforo, se encontraron diferencias significativas para la

variedad Laferno (incremento de los valores) y Caturra rojo (deprimió los contenidos). La aplicación del bioestimulante incrementó significativamente los valores de potasio en la variedad Catuai amarillo, mientras que en la variedad Isla 6-11 disminuyó significativamente la concentración de este elemento (*Tabla 1*).

Las aplicaciones de FitoMas E solo propiciaron incrementos significativos y positivos de la concentración de nitrógeno en las raíces de las variedades Catuai amarillo e Isla 6-11, mientras que la deprimieron en Caturra rojo (*Tabla 1*). Para el fósforo y el potasio en las raíces, la tendencia general fue la disminución significativa de las concentraciones con la aplicación del FitoMas E.

Layana *et al.* (2012), al estudiar diferentes bioestimulantes en posturas de *Vitis vinifera*, encontraron que todos tuvieron un efecto significativo sobre las concentraciones de N, P, K, B, Cu, Mn y Zn, y que tuvieron un efecto diferenciado en las concentraciones de los diferentes nutrientes en las hojas y en las raíces.

Al comparar los contenidos de nutrientes con los valores críticos encontrados para posturas producidas en tubetes (Gonçalves *et al.*, 2009), se encontró que para todas las variedades, las concentraciones de nitrógeno en hojas en los tratamientos que recibieron el FitoMas E fueron superiores a los valores críticos (2,26-2,62 %), mientras que en los tratamientos que no recibieron el bioproducto estuvieron por debajo de estos valores e incluso presentaron valores de deficiencia en las variedades Catuai amarillo, Caturra rojo, Laferno e Isla 5-3. Sin embargo, las concentraciones de nitrógeno son inferiores a los encontrados por Guimarães (1994) y Gontijo (2004) al estudiar la fertilización en posturas de café producidas en bolsos de polietileno, quienes informaron valores medios de nitrógeno de 3,99 % y 2,63 %, respectivamente. Pozza *et al.* (2001), al aplicar dosis de 10 kg de Osmocote (15-10-10) por metro cúbico de sustrato comercial en posturas de café en tubetes, obtuvieron valores medios de 3,52 % de N.

Los valores foliares de fósforo fueron superiores a los informados como críticos (0,22-0,25) por Gonçalves *et al.* (2009), aun en los tratamientos que no recibieron el FitoMas. Pozza *et al.* (2001) obtuvieron como valor medio de fósforo 0,24, mientras que Guimarães (1994) y Gontijo (2004), en las condiciones reflejadas en el párrafo anterior, obtuvieron como tenores medios 0,26 % y 0,36 %, respectivamente.

Tabla 1. Concentración de nutrientes en hojas y raíces de variedades de cafeto (%)

Variedad	FitoMas E	Hojas			Raíz		
		N	P	K	N	P	K
Catuai amarillo	con	2,35 a	0,259 bcd	2,90 ab	1,78 a	0,150 d	2,85 d
Catuai amarillo	sin	1,59 b	0,234 d	2,49 c	1,55 bc	0,238 a	3,10 b
Caturra rojo	con	2,40 a	0,233 d	2,89 a	1,24 e	0,095 f	2,23 e
Caturra rojo	sin	1,73 b	0,286 ab	3,01 a	1,47 c	0,204 b	3,09 b
Isla 5-3	con	2,67 a	0,266 bcd	2,80 ab	1,63 b	0,153 d	2,91 cd
Isla 5-3	sin	1,63 b	0,251 cd	2,89 a	1,58 b	0,193 bc	3,13 b
Isla 6-11	con	2,51 a	0,249 cd	2,58 bc	1,73 a	0,190 bc	2,95 c
Isla 6-11	sin	2,28 a	0,231 d	2,97 a	1,36 d	0,225 a	3,18 b
Laferno	con	2,53 a	0,310 a	2,96 a	1,60 b	0,125 e	3,29 a
Laferno	sin	1,81 b	0,273 bc	3,00 a	1,59 b	0,180 c	3,20 b
E.E. x A x B		0,12**	0,010**	0,13*	0,02**	0,005**	0,03**
	con	2,49 a	0,263	2,83	1,59 a	0,142 b	2,84 a
	sin	1,80 b	0,255	2,87	1,50 b	0,207 a	3,14 b
E.E. x A		0,05**	0,004 ns	0,05 ns	0,01**	0,002**	0,01**
Catuai amarillo		1,97 b	0,246 b	2,70 c	1,67 a	0,194 b	2,97 c
Caturra rojo		2,06 b	0,259 b	2,95 ab	1,36 c	0,149 d	2,66 d
Isla 5-3		2,15 ab	0,259 b	2,84 abc	1,60 b	0,173 c	3,02 bc
Isla 6-11		2,39 a	0,240 b	2,74 bc	1,55 b	0,208 a	3,06 b
Laferno		2,17 ab	0,291 a	2,98 a	1,59 b	0,153 d	3,24 a
E.E. x B		0,08**	0,007**	0,06**	0,02**	0,003**	0,023*

** : Medias con letras iguales no difieren entre sí según dúcima de Duncan para $p \leq 0,01$.

Los contenidos foliares de potasio oscilaron entre 2,49-3,00 % y se encuentran en el rango crítico (2,59-2,92 %) informado por Gonçalves *et al.* (2009). Estos valores fueron superiores a los obtenidos por Campos (2002) al aplicar Osmocote en posturas de café en tubetes (1,66-1,76 %). Vallone (2003), para posturas de café en bolsas de polietileno, encontró un rango entre 2,65 % y 2,83 %.

Silva *et al.* (2007) opinan que los factores genéticos pueden proporcionar diferencias en las concentraciones de los contenidos foliares de los nutrientes minerales, lo que indica que entre las variedades y líneas existe una mayor o menor eficiencia de absorción, de translocación y utilización de nutrientes por las plantas.

Se encontraron mayores concentraciones de nitrógeno en la variedad Catuai, en comparación con las líneas UFV 2983 y UFV 3880 en vivero, mientras que la última línea presentó los mayores valores de potasio (Pereira, 1999, citado por Silva *et al.*, 2007).

Existieron diferencias significativas en la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio para el factor FitoMas E, las variedades y la interacción de ambos (Tabla 2).

La aplicación de FitoMas E incrementó la absorción de nitrógeno por las posturas de café en 104 %, la de fósforo en 49 % y la de potasio en 38 % en comparación con la no aplicación (Tabla 2). Esta acción fue más evidente en la parte aérea de las posturas, pues el incremento para el nitrógeno fue de 153 %, el del fósforo de 90 % y el de potasio de 74 %, mientras que en las raíces solo se observó incremento para el nitrógeno en un 6 %. Es necesario destacar que este incremento pudo estar condicionado a los bajos valores de los tratamientos que no recibieron el FitoMas E, situación que podría ser diferente en otro sustrato con diferente fertilidad. Este comportamiento en la nutrición de las posturas ante el FitoMas E debe considerarse en los planes de fertilización en esta fase del cultivo.

Tabla 2. Efecto de las aplicaciones de FitoMas E en la absorción de nutrientes por variedades de café (mg postura⁻¹)

Variedad	FM	Sistema aéreo			Sistema radical			Total		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Catuai amarillo	+	71,3 a	18,0 a	106,7 a	19,6 a	3,8 ab	37,7 ab	90,9 a	21,8 a	144,3 a
Catuai amarillo	–	19,4 c	6,4 cd	36,7 d	11,4 de	4,0 a	27,6 cd	30,9 cd	10,5 de	64,3 de
Caturra rojo	+	22,8 c	5,1 d	33,1 d	7,2 f	1,3 a	15,6 e	29,9 cd	6,3 f	48,7 e
Caturra rojo	–	23,0 c	8,8 c	48,3 cd	12,0 de	3,8 ab	30,3 bc	34,9 cd	12,6 cd	78,5 cd
Isla 5-3	+	71,7 a	16,4 ab	90,6 ab	15,8 cd	3,0 bc	29,5 c	87,5 a	19,4 a	120,1 b
Isla 5-3	–	17,1 c	6,1 cd	36,6 d	9,0 ef	2,5 cd	21,5 de	26,1 d	8,6 ef	58,0 de
Isla 6-11	+	65,6 a	14,8 b	81,4 b	15,3 bc	3,9 ab	31,4 bc	80,9 a	18,7 ab	112,7 b
Isla 6-11	–	27,4 c	6,5 cd	43,8 cd	10,7 de	4,0 ab	29,9 c	38,1 cd	10,5 de	73,7 cd
Laferno	+	49,7 b	13,9 b	59,9 c	10,5 ab	1,9 de	26,1 cd	60,2 b	15,8 bc	85,9 c
Laferno	–	24,2 c	8,4 c	48,8 cd	17,1 ab	4,5 a	41,6 a	41,3 c	12,9 cd	90,4 c
E.E. x A x B		3,75**	0,98*	5,97**	1,10*	0,32*	2,50*	4,15*	1,09*	7,02*
FitoMas E	+	56,2 a	13,7 a	74,3 a	13,3	2,7 b	28,0	69,5 a	16,4 a	102,3 a
FitoMas E	–	22,2 b	7,2 b	42,8 b	12,0	4,0 a	30,2	34,2 b	11,2 b	73,0 b
E.E. x A		1,68**	0,43*	2,67**	0,49 ns	0,14**	1,12 ns	1,85**	0,48*	3,14*
Catuai amarillo		45,4 a	12,2 a	71,7 a	15,5 a	3,8 b	32,6 a	60,9 a	16,0 a	104,3 a
Caturra rojo		22,9 c	6,9 b	40,7 c	9,6 c	2,9 d	22,9 b	32,4 c	9,8 b	63,6 c
Isla 5-3		44,4 ab	11,2 a	63,6 ab	11,4 b	3,3 c	25,5 b	55,8 ab	14,6 a	89,1 ab
Isla 6-11		46,5 a	10,7 a	62,6 ab	13,0 ab	4,0 a	30,6 a	59,5 a	14,7 a	93,2 ab
Laferno		36,9 b	11,1 a	54,3 b	13,8 ab	2,9 d	33,9 a	50,7 b	14,1 a	88,2 b
E.E. x B		2,66*	0,69*	4,22*	0,77**	0,23*	1,77*	2,93**	0,77*	4,96*

*,** Medias con letras iguales no difieren entre sí según dócima de Duncan para $p \leq 0,05$ y $0,01$, respectivamente.

FM – sin FitoMas E, + aplicación

Entre las variedades, Caturra rojo tuvo los menores valores de absorción de los tres nutrientes, y se diferenció significativamente del resto (Tabla 2).

Al analizar la interacción variedad x FitoMas E, se observó que para la absorción total del nitrógeno se encontró un incremento significativo y positivo de este nutriente para todas las variedades, con excepción del Caturra rojo. El mayor valor absoluto se encontró en el Catuai amarillo, aunque sin diferenciarse de la absorción realizada por ambas variedades Isla. A continuación, con diferencias estadísticas a las anteriores, se ubicó la Laferno, que a su vez fue superior al de Caturra rojo (Tabla 2).

Para la variedad Laferno no se encontraron diferencias significativas en la absorción total de fósforo y potasio producto de la aplicación del FitoMas E, mientras que

en la Caturra rojo el bioproducto deprimió la absorción de estos dos últimos. En el resto de las variedades su aplicación potenció significativamente la absorción de este nutriente (Tabla 2).

Las variedades con respecto al incremento de la absorción del nitrógeno y el fósforo se ubicaron en el orden Isla 5-3 > Catuai amarillo > Isla 6-11 > Laferno > Caturra rojo. El comportamiento con respecto al potasio fue Catuai amarillo > Isla 5-3 > Isla 6-11 > Laferno > Caturra rojo.

Se observó un comportamiento diferenciado entre las variedades para la relación absorción sistema aéreo/sistema radical (Fig. 1). Se constató que la variedad Laferno presentó la mayor relación para el nitrógeno, mientras que la variedad Catuai amarillo lo hizo para el fósforo, y la Isla 5-3 para el potasio.

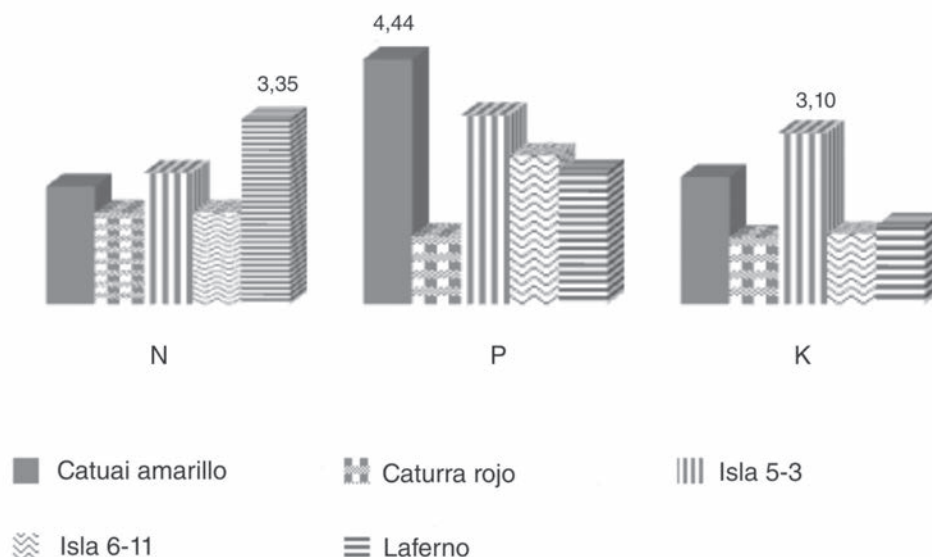


Fig. 1. Relación absorción sistema aéreo/absorción sistema radical para N, P y K entre variedades de café.

Amaral *et al.* (2011) encontraron diferencias en la absorción de nutrientes entre cultivares de cafetos en diferentes niveles de fertilidad del suelo, y que su eficiencia fue diferente para la formación de la parte aérea de las plantas y las raíces. Por ejemplo, el cultivar Acaiá IAC-474-19 presentó mayor eficiencia de utilización de macronutrientes para la producción de raíces en suelos con baja disponibilidad de nutrientes y mayor eficiencia de utilización de nutrientes para la producción del tronco. El cultivar Icatu Amarelo IAC-3282 fue más eficiente en la utilización del N, S y Zn para la producción de ramas en el nivel bajo de fertilización, mientras que el cultivar Rubi MG-1192 se destacó por su eficiencia en la utilización de N, K, Mg y Zn para la producción de hojas en el nivel bajo de fertilización.

La eficiencia del uso (EU) de los nutrientes expresa la cantidad de masa seca producida por cada miligramo de elemento nutritivo. La idea básica detrás del concepto es conectar la economía del carbón con la de un determinado nutriente mineral (Santa María *et al.*, 2015). Para este indicador se encontraron diferencias significativas, de manera general, para los factores en estudio y su interacción, para los tres nutrientes analizados (Tabla 3).

La aplicación del FitoMas E, como media del factor, incrementó significativamente la eficiencia del uso de

fósforo y potasio, pero no del nitrógeno (Tabla 3). Entre las variedades, el Catuai amarillo mostró la mayor eficiencia de uso de los tres nutrientes evaluados en las condiciones en estudio; por el contrario, el Caturra rojo se caracterizó por la menor eficiencia. Neto *et al.* (2016), en estudio de eficiencia del fósforo, clasifican a estas variedades como eficientes en la utilización del fósforo, pero con baja respuesta.

La aplicación del FitoMas E tuvo un efecto positivo y significativo en el incremento de la eficiencia de utilización del fósforo en tres de las cinco variedades estudiadas (Catuai amarillo y las dos variedades Islas). No se encontraron diferencias significativas en el Caturra rojo y Laferno (Tabla 3). La eficiencia de utilización del fósforo en las variedades en las que la aplicación del FitoMas E fue significativa, oscilaron entre 0,644 y 0,787 (g^2 de masa seca mg^{-1} de nutriente), que pudieran considerarse similares a los calculados para la variedad Catuai amarillo en Campinas, Brasil (Tristão *et al.*, 2006), pero a los 200 días después de trasplante al campo. Kamala *et al.* (2013), al estudiar el efecto de dosis y fuentes de fósforo en cafetos cultivados en suelo Mollic Kandiadalfs en la India, informaron valores de eficiencia que oscilaron entre 0,39 y 0,71. Ellos indicaron que este indicador puede ser menor en suelos con altos contenidos de fósforo disponible.

Tabla 3. Eficiencia de uso de los nutrientes por posturas de variedades de café (g² mg⁻¹)

	<i>FitoMas E</i>	<i>EUN</i>	<i>EUP</i>	<i>EUK</i>
Catuai amarillo	Con	0,189 b	0,787 a	0,119 a
Catuai amarillo	Sin	0,113 de	0,360 cd	0,060 cd
Caturra rojo	Con	0,079 f	0,373 cd	0,048 cd
Caturra rojo	Sin	0,123 cde	0,367cd	0,059 cd
Isla 5-3	Con	0,146 cd	0,644 b	0,104 a
Isla 5-3	Sin	0,249 a	0,307 d	0,045 d
Isla 6-11	Con	0,150 c	0,654 b	0,108 a
Isla 6-11	Sin	0,103 ef	0,408 cd	0,055 cd
Laferno	Con	0,113 de	0,429 c	0,084 b
Laferno	Sin	0,132 cde	0,461 c	0,065 c
<i>E.E. x A x B</i>		0,01*	0,025*	0,005*
	Con	0,136	0,578 a	0,092 a
	Sin	0,144	0,380 b	0,056 b
<i>E.E. x A</i>		0,004 ns	0,016*	0,002*
Catuai amarillo		0,151 a	0,574 a	0,089 a
Caturra rojo		0,105 c	0,370 d	0,054 c
Isla 5-3		0,124 bc	0,475 bc	0,074 b
Isla 6-11		0,131 b	0,531 ab	0,081 ab
Laferno		0,128 b	0,445 c	0,075 b
<i>E.E. x B</i>		0,008*	0,025*	0,004*

*,**Medias con letras iguales no difieren entre sí según dócima de Duncan para $p \leq 0,05$ y $0,01$, respectivamente.

Neto *et al.* (2016), al estudiar la respuesta de variedades de *C. arabica* y *C. canephora* al fósforo, encontraron que los cultivares de *Coffea canephora* tuvieron una mayor relación raíces/partes aéreas, y fueron más eficientes en la absorción de fósforo, mientras que los de *Coffea arabica* lo fueron en la utilización del fósforo. La eficiencia de utilización del fósforo varió entre las variedades.

A pesar de no ser el potasio un elemento esencial en esta fase de desarrollo del cultivo, la aplicación del FitoMas E incrementó significativamente su eficiencia de utilización en cuatro de las cinco variedades estudiadas (Tabla 3). Solo en la variedad Caturra rojo no se incrementó este indicador, lo que quizás pueda relacionarse por los menores niveles productivos de esta variedad en comparación con las restantes. Worku y Astatkie (2010) informaron que la acumulación de nutrientes en los tejidos vegetales es considerada como un indicador de la eficiencia del uso del agua y tolerancia al estrés hídrico, y que el incremento de la absorción del potasio y el calcio

incrementan la viscosidad del protoplasma y mantiene la integridad de las membranas, y entre otras acciones reducen la apertura de los estomas.

Los mecanismos responsables por la alta eficiencia de absorción difieren entre las especies. Determinados genotipos producen un sistema radicular extenso, mientras que otros tienen alta capacidad de absorción por unidad de longitud radicular, o sea, alta afluencia de nutrientes. El movimiento de iones a través de las raíces y su descarga en el xilema implica varios mecanismos que pueden limitar su ascenso y que puede ser la base de las diferencias genotípicas en la absorción y circulación de los nutrientes (Föhse *et al.*, 1988 y Gerloff y Gabelman, 1983, citados por Tomaz *et al.*, 2008).

Conclusiones

- Las aplicaciones de FitoMas E incrementaron la concentración de nitrógeno en las hojas y de nitrógeno y potasio en las raíces.

- El FitoMas E incrementó la absorción de nitrógeno por las posturas de café en 103 %, la de fósforo en 46 % y la de potasio en 40 %.
- La variedad Caturra rojo tuvo los menores valores de absorción de los tres nutrientes y se diferenció significativamente del resto.
- Las variedades, con respecto al incremento de la absorción del nitrógeno y el fósforo, se ubicaron en el orden Isla 5-3 > Catuai amarillo > Isla 6-11 > Laferno > Caturra rojo. Con respecto al potasio, fue Catuai amarillo > Isla 5-3 > Isla 6-11 > Laferno > Caturra rojo.
- La aplicación del FitoMas E incrementó significativamente la eficiencia del uso de fósforo y potasio, pero no del nitrógeno. El Catuai amarillo mostró la mayor eficiencia de uso de los tres nutrientes, mientras que el Caturra rojo se caracterizó por la menor.

Bibliografía

- Amaral, J. F. T.; Martinez, H.E.P. y C. D. Cruz: Índices de eficiência nutricional em *Coffea arabica* L. En: *II Simposio de Pesquisas dos Cafés do Brasil.P anais*. Editor, Embrapa Café, 2528 – 2532, 2008
www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio2/solos35.pdf
- Amaral, J. F. T.; Martinez, H. E. P.; Laviola, B. G.; Fernandes Filho, E. I, e C. D. Cruz: Eficiência de utilização de nutrientes por cultivares de cafeeiro. *Ciência Rural*, 41 (4): 621-629, 2011.
- Bustamante González, C. A.; Ferrás Negrín, Y.; Sánchez Durán, O.; Viñals Núñez, R. y J. Pérez Castillo: Respuesta de variedades de *Coffea arabica* L. a la aplicación de FitoMas - E en dos suelos cubanos. *Café Cacao*, 17 (1): 15-20, 2018.
- Campos, K. P.: Desenvolvimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) produzidas em diferentes substratos, fertilizações e tamanhos de tubetes. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –Universidade Federal de Lavras, Lavras, 90 pp., 2002.
- Fageria, N. K.: Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2: 6-16. 1998.
- Fahl, J. I.; Carelli, M. L. C.; Costa, W. M. e M. C. S. S. Novo: Enxertia de *Coffea arabica* sobre progênies de *C. canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. *Bragantia*, 57 (2): 297-312, 1998.
- Gonçalves, Rubens J. G.; C. Janice de, G. e P. B. Élberis: Faixas críticas de teores foliares de macronutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) produzidas em tubetes. *Ciênc. agrotec. Lavras*, 33 (3): 743-752, maio/jun., 2009.
- Gontijo, R. A. N.: Faixas críticas de teores foliares de macro e micronutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 84 pp., 2004.
- Guimarães, R. J.: Análise do crescimento e da quantificação de nutrientes em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) durante seus estádios de desenvolvimento em substrato padrão. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –Universidade Federal de Lavras, Lavras, 113 pp., 1994.
- Kamala, S.; Nanjappa, H. V.; Raghuramulu, Y.; Bhaskar, S.; Babou, C.; Venkatesha, N. M.; Dinesh, S. P. and T. K. Roopa: Effect of levels and sources of phosphorus and phosphorus utilization efficiency on growth of young coffee (*Coffea arabica* cv. Chandragiri). *J. Coffee Res.*, 41 (1-2): 1-13, 2013.
- Layana, A. do N.; M. da S., Julianna; F. da S. Luiz, Samara; F. C. J. Patricia e Davi J. Silva: Efeito de bioestimulantes sobre a concentração foliar de nutrientes em mudas de videira 'Thompson seedless. Em: *XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura*. Bento Gonçalves - RS 22 a 26 outubro de 2012. pp. 6242 – 6246, 2012.
- Machado, C. T. T.; Machado, A. T. e A. C. Furlani: Variação intra população alem milho para características relacionadas com a eficiência de absorção e utilização de fósforo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 3: 77-91. 2004.
- Malavolta, E.: Nutrição mineral e adubação do cafeeiro – colheitas econômicas máximas. São Paulo: Agronômica Ceres, 43 pp., 1993.
- Martins, L. D.; Souza, L.; Tomaz, M. A. e J. F. T. Amaral: The nutritional efficiency of *Coffea spp*. A review. *African Journal of biotechnology*, 14 (9): 728 – 734, 2015.
- Neto, A. P.; Favarin, J. L.; Hammond, J. P.; Tezotto, T. and H. T. Z. Couto: Analysis of phosphorus use efficiency traits in *Coffea* genotypes reveals *Coffea arabica* and *Coffea canephora* have contrasting phosphorus uptake and utilization efficiencies. *Frontiers in Plant Science* 7 (March) Lausanne: Frontiers Media S.A, 408, 2016.

- Pozza, A. A. A.; Guimarães, m P. T. G.; Romaniello, M. M.; Pozza, E. A.; Carvalho, J. G. e E.B. Silva: Produção, nutrição e sanidade de mudas de cafeeiro em tubetes com diferentes substratos e adubações. Em: *Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*, 2., 2001, Vitória, ES. Anais. Brasília, DF: Embrapa-CAFÉ, CD-ROM, 2001.
- Santa-María, G. E., Moriconi, J. I. and Sonia Olieruk: Internal efficiency of nutrient utilization: what is it and how to measure it during vegetative plant growth? - *Journal of Experimental Botany*, 66 (11): 3011–3018, 2015.
- Silva H. A.; Herminia Prieto; Sampaio, N. F.; Cruz, C. D. e Adriene Woods: Concentração foliar de nutrientes em cultivares de *Coffea arabica* L. sob espaçamentos adensados. *Ciênc. agrotec.*, 31 (4): 973-981, 2007.
- Tristão, F. S. M.; Lopez de Andrade, S. A. e A. P. Dias da Silveira: Fungos micorrízicos arbusculares na formação de mudas de cafeeiro, em substratos orgânicos comerciais. *Bragantia*, 65 (4): 649-658, 2006.
- Tomaz, M. A.; Martinez, H. E. P.; Rafael, C. D. C.; Zambolim, B. F. L. e N. S. Sakiyama: Diferenças genéticas na eficiência de absorção, na translocação e na utilização de K, Ca e Mg em mudas enxertadas de cafeeiro. *Ciência Rural*, 38 (6): 1540 – 1546, 2008.
- Tomaz, M. A.; Martinez, H. E. P.; Rodrigues, W. N.; Ferrari, R. B.; Pereira, A. A. e N. S. Sakiyama: Eficiência de absorção e utilização de boro, zinco, cobre e manganês em mudas enxertadas de cafeeiro. *Revista Ceres*, 58: 108-114. 2011.
- Vallone, H. S.: Produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes com polímero hidrorretentor, diferentes substratos e adubações. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 74 pp., 2003
- Worku, M. and T. Astatkie: Dry matter partitioning and physiological responses of *Coffea arabica* varieties to soil moisture deficit stress at the seedling stage in Southwest Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 5 (15): 2066-2072, 2010.

Estructuras Escuelas

La reestructuración actual del Instituto de Investigaciones Agro-Forestales confirió a la Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente la creación de las Estructuras Escuelas en la base productiva, como estrategia factible y eficaz para el trabajo con el productor, quien contribuye en la garantía de la perspectiva alimentaria, en el actual panorama medioambiental y económico del país, así como en la formación de las nuevas generaciones y como incentivo a la reanimación de la caficultura nacional.