Café Cacao, Vol. 19, No. 2, pp. 33-37 jul.-dic. 2020
ISSN 1680-7685

Efecto de concentraciones de IHPLUS en el crecimiento posturas de cacao y su eficiencia de utilización de nutrientes[1]

Carlos Alberto Bustamante-González*, Norlan Moran-Rodríguez* y Josué Pérez-Castillo*

Resumen

Para establecer el efecto de concentraciones del bioproducto IHPLUS en el crecimiento y absorción de macronutrientes por posturas de cacao, se desarrollaron experimentos en la Estación Experimental Agro-Forestal de Tercer Frente, provincia de Santiago de Cuba desde 2015 hasta 2017. Para la conformación del sustrato se utilizó un suelo Pardo Sialítico mezclado en proporción 3:1 con estiércol vacuno descompuesto. En un diseño de bloques al azar se estudiaron las concentraciones de 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 y 3 % de IHPLUS. El bioproducto se aplicó a las posturas desde la primera hasta la sexta hoja. Al alcanzar las posturas la séptima hoja en 10 de las 35 plantas de cada tratamiento, se evaluó la altura, el área foliar, la masa seca, la absorción de N, P y K, así como la eficiencia de su utilización. Los datos se ajustaron a funciones matemáticas y se seleccionó la de mayor ajuste según el coeficiente de determinación. La aplicación del IHPLUS incrementó significativamente el crecimiento de las posturas de cacao. Concentraciones que oscilaron entre 1,79 y 2,03 % propiciaron los mayores incrementos significativos del área foliar con respecto al testigo sin aplicación. Los mayores valores de absorción de N se alcanzaron con la aplicación del bioproducto al 0,5 %, mientras que los de fósforo y potasio con la concentración al 1,5 %. El IHPLUS incrementó la eficiencia de utilización de los nutrientes por las posturas de cacao en el orden fósforo orden fósforo > nitrógeno > potasio.

Palabras clave: *Theobroma cacao, nutrición, absorción.*

Abstract

To establish the effect of concentrations of the IHPLUS bioproduct on the growth and absorption of macronutrients by cocoa seedlings, experiments were carried out at the Estación Experimental Agro-Forestal de Tercer Frente, Santiago de Cuba province during the years 2015 to 2017. For the substrata conformation was used a Brown sialitic soil mixed in a 3: 1 ratio with cattle manure. In a randomized block design 7 concentrations of IHPLUS were studied: 0; 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 and 3 %. The bioproduct was applied to the seedlings from the first to the fifth leaf. Upon reaching the seedlings, the seventh leaf on 10 of the 35 plants of each treatment evaluated the height, the leaf area, the dry mass, the absorption of N, P and K thus the efficiency of its use. The data were adjusted to mathematical functions and the one with the highest adjustment was selected according to the coefficient of determination. The application of IHPLUS significantly increased the growth of cocoa seedlings. Concentrations that ranged between 1,79 and 2,03 % led to the largest significant increases in the leaf area with respect to the control without application. The highest absorption values of N were achieved with the application of the 0,5 % bioproduct, while those of phosphorus and potassium with the concentration of 1,5 %. IHPLUS increased the efficiency of nutrient utilization by cocoa seedlings in the order of phosphorus > nitrogen > potassium.

Key words: *Theobroma cacao, nutrients, absorption.*

[1] Recibido: 06/02/2020
Aprobado: 16/05/2020

* Estación Experimental Agro-Forestal de Tercer Frente, Santiago de Cuba, Cuba, nutricion1@tercerfrente.inaf.co.cu

Introducción

El encarecimiento de los fertilizantes ha motivado el interés por el aprovechamiento de los estiércoles en la agricultura, como mejorador de las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos y como portadores de macroelementos esenciales (Carrasco, 2004). En este contexto aparece el concepto de microorganismos eficientes (ME) o benéficos desarrollado por el profesor Teruo Higa en 1991 (Higa, 1991). Los ME son una mezcla de diferentes microorganismos aerobiosy anaerobios con más de 80 especies, que representan cerca de 10 géneros diferentes y que poseen aproximadamente cerca de 100 millones de microorganismos activos por mL a un pH de 3,5.

Estos microorganismos fisiológicamente compatibles y mutuamente complementarios coexisten en equilibrio en un cultivo líquido, y pueden ser aplicados como inoculantes (Zhou *et al.*, 2009). Su potencial biofertilizante está dado por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, solubilizar nutrientes, descomponer residuos orgánicos, suprimir el crecimiento de patógenos del suelo, degradar pesticidas, incrementar la disponibilidad de nutrientes y producir antibióticos y otras moléculas orgánicas simples que estimulan el crecimiento de las plantas (Lwin y Ranamukhaarachchi, 2006).

Los estudios sobre el uso de los ME han mostrado resultados contrastantes. El rendimiento de algodón aumentó significativamente cuando se aplicó ME (Khaliq, Abbasi, y Hussain, 2006). En arroz aumentó el rendimiento en 12 % a bajas concentraciones (Iwaishi, 2000); sin embargo, en maíz para forraje la aplicación de ME no mejoró el rendimiento (Jia *et al*., 2007). En Cuba la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey desarrolla la producción de un biofertilizante (IHPLUS) a base de microorganismos eficientes que han sido aplicados en diversos cultivos. En café, Álvarez y Damião (2018), al aplicar el IHPLUS quincenalmente en dosis de 2 mL • m^{-2} encontraron incrementos de la altura, el área foliar y el índice de eficiencia foliar, pero no de la masa seca de posturas.

En el cacao en fase de vivero se conoce el efecto benéfico de biofertilizantes y bioestimulantes, así como del uso de diferentes fuentes de abono orgánico; sin embargo, no se dispone de información sobre el uso de los ME, motivo por el cual se desarrolló el experimento con el objetivo de establecer el efecto de concentraciones de IHPLUS en el crecimiento de las posturas de *Theobroma cacao* L., así como en la eficiencia de utilización de los nutrientes por ese cultivo.

Materiales y métodos

Se desarrollaron durante tres años experimentos en el vivero de la Unidad de Ciencia y Tecnología de Base Tercer Frente, localizada en la provincia de Santiago de Cuba y perteneciente al Instituto de Investigaciones Agroforestales.

En un diseño totalmente al azar se estudiaron las concentraciones de IHPLUS 0 (testigo); 0,5 %; 1 %; 1,5 %; 2 %; 2,5 % y 3 %, que equivalen a 80, 160, 240, 320, 400 y 480 mL por mochila de 16 L.

El IHPLUS se aplicó en horas de la mañana, mensualmente, a partir de la primera y hasta la sexta hoja. Se utilizó una mochila Matabi con capacidad para 16 L.

Para el llenado de las bolsas de 20 cm x 30 cm se utilizó un sustrato compuesto por la mezcla 3:1 (v/v) de suelo Pardo Sialítico y estiércol vacuno totalmente descompuesto.

Las semillas hibridas se obtuvieron del Banco de la Unidad de Ciencia y Tecnología de Base Tercer Frente. Se utilizaron dos semillas por bolsa y posteriormente se eliminó una planta.

Cada tratamiento experimental estuvo compuesto por 28 plantas de los que se evaluaron 10. Al alcanzar las posturas entre seis y siete hojas, se evaluó la altura (cm), la masa seca de la parte aérea y radical, y el área foliar por la ecuación de Navarro y col. (1998).

En 2015, a partir de las concentraciones de nutrientes en hojas y raíces y los valores de masa seca, se calculó la absorción de nutrientes en miligramo por postura. La eficiencia de utilización de N, P_2O_5 y K_2O • plántula^{-1}se estimó por la fórmula de Siddiqi y Glass (1981).

Los datos se procesaron mediante el programa Statistica previa comprobación de la normalidad de los mismos. Para establecer las diferencias entre los tratamientos se utilizó la dócima de comparación de rangos múltiples de Duncan para $p \leq 0,05$ y $p \leq 0,01$.

Se ajustaron los incrementos del área foliar con respecto al testigo a diferentes modelos matemáticos, y se tomó el de mayor ajuste para la selección de la concentración a proponer. Con el cálculo de la primera derivada se estimó la recomendación de la concentración óptima biológica.

Resultados y discusión

La aplicación del IHPLUS influyó significativamente en el crecimiento de las posturas de cacao con un comportamiento variable entre los años de estudio. De esta manera, en el primer año el mayor valor absoluto se alcanzó con la concentración al 1 %, que se diferenció significativamente

del resto, con excepción de la 1,5 %. En el segundo año fue suficiente la aplicación de los ME en concentración al 0,5 % para que las posturas alcanzaran una altura que se diferenció estadísticamente del resto. En el tercer año la aplicación de los ME en concentraciones que oscilaron entre 0,5 y 1,5 % resultaron similares estadísticamente y superiores al resto de los tratamientos. Es decir, de manera general concentraciones inferiores al 1,5 % permitieron alcanzar valores de altura, similares estadísticamente a la menor concentración estudiada (*Tabla 1*).

Tabla 1. Efecto de concentraciones de IHPLUS en el crecimiento de posturas de *Theobroma cacao* L.

Concentración (%)	*Altura (cm)*			*Masa seca (g)*		
	2015	*2016*	*2017*	*2015*	*2016*	*2017*
0	37,1 c	35,93 c	28,68 b	3,15	5,62 bc	4,13 b
0,5	37,5 bc	44,55 a	34,54 a	3,23	6,77 a	4,19 b
1,0	39,6 a	35,39 c	35,17 a	3,20	3,25 e	5,34 a
1,5	38,8 ab	37,43 b	35,71 a	3,24	5,84 abc	3,48 c
2,0	34,0 e	38,69 bc	26,85 cd	3,27	5,07 cd	3,51 c
2,5	36,4 cd	36,11 c	25,97 d	3,27	6,05 abc	3,16 d
3,0	35,3 de	39,64 bc	27,66 bc	3,21	6,45 ab	4,33 b
E.E., x	0,47**	,38**	0,54*	0,03 ns	4,69*	0,09*

* y **: Medias con letras diferentes difieren en una misma columna para $p \leq 0,05$ y $p \leq 0,01$, respectivamente, según dócima de Duncan *N.S.:* No significativo.

Al aplicar las diferentes concentraciones de IHPLUS, la masa seca de las posturas de cacao varió de forma diferente en los diferentes años. En el primer año no se encontraron diferencias significativas entre las concentraciones, mientras que en el segundo la masa seca alcanzada al aplicar la concentración al 0,5 % fue similar estadísticamente a la obtenida al aplicar concentraciones superiores (*Tabla 1*). En el tercer año el mayor valor absoluto y que se diferenció estadísticamente del resto de las concentraciones se alcanzó con la concentración al 1 %.

El IHPLUS influyó en el incremento del área foliar de las posturas de cacao, con un comportamiento variable en el período experimental. En 2015 la aplicación del bioproducto al 1,0 % mostró el mayor incremento de este indicador con respecto al testigo (22 %), similar estadísticamente al alcanzado con las concentraciones del 2 al 3 %. En 2016, similar a este efecto bioestimulante se alcanzó con la concentración del 0,5 %. En 2017 la concentración al 1 % propició el incremento del indicador al 37 %, y resultó superior estadísticamente al resto de los tratamientos (*Tabla 2*). Se observó la tendencia a disminuir el área foliar de las posturas con el incremento de las concentraciones del bioproducto.

Tabla 2. Efecto del IHPLUS en el área foliar y concentraciones de nutrientes en hojas de posturas de *Theobroma cacao* L.

Concentración (%)	*Área foliar (cm^2)*			*Concentración (%)*		
	2015	*2016*	*2017*	*N*	*P*	*K*
0	641,35 b	1016,35 cd	732,30 bc	1,66 b	0,265 b	1,72 c
0,5	655,80 b	1335,02 ab	765,20 b	1,88 a	0,253 b	1,76 c
1,0	787,52 a	1134,21 bc	1007,14 a	1,75 b	0,260 b	1,85 bc
1,5	612,59 b	1470,10 a	665,02 bc	1,73 b	0,333 a	1,89 bc
2,0	787,03 a	874,16 d	729,04 bc	1,70 b	0,225 b	1,90 bc
2,5	776,00 a	934,85 cd	666,65 bc	1,64 bc	0,267 b	1,98 b
3,0	765,28 a	1122,18 bc	634,32 c	1,52 c	0,273 b	2,22 a
E.E., x	26,80*	72,93*	46.48**	0,04**	0,018**	0.06**

* y **: Medias con letras diferentes difieren en una misma columna para $p \leq 0,05$ y $p \leq 0,01$, respectivamente, según dócima de Duncan.

Las mayores concentraciones de nitrógeno en la hoja se alcanzaron al aplicar el IHPLUS al 0,5 %, mientras que para el fósforo similar efecto ocurrió con el bioproducto al 1,5 %. Para el potasio se observó la tendencia a un incremento lineal de las concentraciones con el incremento de la concentración del producto (*Tabla 2*).

Investigaciones anteriores demostraron que las variables morfológicas en el cafeto en fase de vivero están estrechamente correlacionadas entre sí, y que el área foliar es un índice que expresa adecuadamente la respuesta del crecimiento integrado de las posturas (Rivera *et al*.,1997; Fernández, 1999, citados por Sánchez, 2001); siguiendo este criterio se utilizó este indicador para definir la concentración óptima biológica en el caso del cacao.

La regresión entre las concentraciones y el incremento del área foliar mostró los mayores ajustes a la función cuadrática en el período experimental, aunque los valores de R^2 no superaron 0,79, lo que pudiera estar asociado a la variación de los valores ocasionado por el uso de diferentes híbridos en la mezcla clonal (*Fig. 1*).

Concentraciones que oscilaron entre el 1,79 y 2,03 % propiciaron en los diferentes años los mayores incrementos del área foliar con respecto al testigo sin aplicación (*Fig. 1*). Para la utilización de los resultados de la investigación en la práctica productiva se podría recomendar la concentración del IHPLUS en la concentración del 2 %.

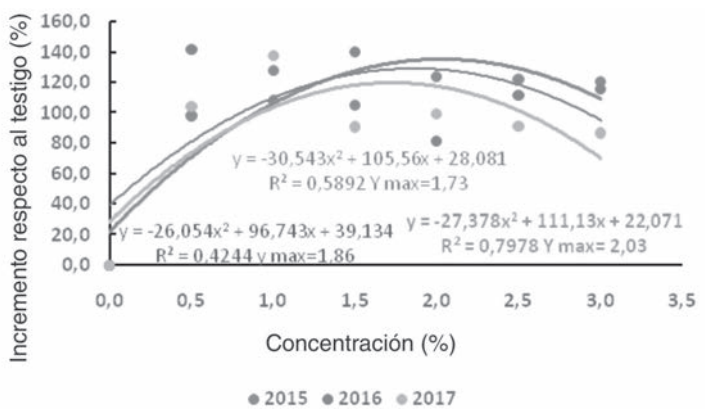


Fig. 1. Relación entre la concentración de IHPLUS y el incremento del área foliar de posturas de cacao (porciento con respecto al testigo).

Se observó un efecto diferenciado del IHPLUS en la absorción de los nutrientes. Para el nitrógeno, los mayores valores absolutos de absorción se alcanzaron con la menor concentración, mientras que la aplicación del bioproducto en concentración al 1,5 % propició los mayores valores de absorción del fósforo y el potasio, superiores significativamente al resto de los tratamientos (*Tabla 3*).

Tabla 3. Efecto de concentraciones de IHPLUS en la absorción y la eficiencia de utilización de nutrientes por posturas de *Theobroma cacao* L.

Concentración de IHPLUS	*Absorción (mg)*			*Eficiencia utilización (g^2 • mg^{-1}*		
	N	*P_2O_5*	*K_2O*	*N*	*P_2O_5*	*K_2O*
0	50,52 c	22,95 b	61,70 c	0,197 c	0,433 b	0,161 a
0,5	59,43 a	23,05 b	70,58 b	0,179 d	0,458 b	0,151 bc
1,0	54,14 b	23,82 b	70,97 b	0,197 c	0,432 b	0,157 ab
1,5	52,03 bc	28,50 a	82,81 a	0,202 bc	0,368 c	0,127 d
2,0	57,85 a	20,57 c	71,15 b	0,184 d	0,520 a	0,150 bc
2,5	50,72 c	24,56 b	73,04 b	0,211 b	0,458 b	0,146 bc
3,0	45,03 d	23,76 b	70,35 b	0,228 a	0,433 b	0,146 c
E.E.x	0,83**	0,78 **	1,20 *	0,003**	0,015**	0,003**

* y **. Medias con letras diferentes difieren en una misma columna para $p \leq 0,05$ y $p \leq 0,01$, respectivamente, según dócima de Duncan.

Las posturas de cacao utilizaron con mayor eficiencia el fósforo, luego el nitrógeno y por último el potasio, lo que pudiera relacionarse con los requerimientos que hace el cultivo de los dos primeros nutrientes en la fase de vivero. El IHPLUS al 2 % propició la mayor producción de masa seca por miligramo de P_2O_5, mientras que fue necesaria la concentración superior del bioproducto para alcanzar el mayor valor de masa seca para el nitrógeno (*Tabla 3*).

Conclusiones

- La aplicación del IHPLUS incrementó significativamente el crecimiento de las posturas de cacao. Concentraciones que oscilaron entre el 1,79 y 2,03 % propiciaron los mayores incrementos significativos del área foliar con respecto al testigo sin aplicación.
- Los mayores valores de absorción de N se alcanzaron con la aplicación del bioproducto al 0,5 %, mientras que los de fósforo y potasio con la concentración al 1,5 %.
- El IHPLUS incrementó la eficiencia de utilización de los nutrientes por las posturas de cacao en el orden fósforo > nitrógeno > potasio.

Bibliografía

Álvarez, J. L.; y J.C. Damião: Producción de posturas de café con la aplicación de microorganismos eficientes en Angola. *Revista Centro Agrícola*, 45(2): 29-33, 2018.

Carrasco, A.: *Zoohigiene Tropical*. Editorial Félix Varela, La Habana, 335 Pp., 2004.

Higa, T.: *Effective microorganisms: a biotechnology for mankind*, In: Parr, J. F. Hornick, S. B. Whitman, C. E. (Eds.), First International Conference on Kyusei Nature Farming, Washington, DC, USA, pp, 8–14. 1991.

Iwaishi, S.: Effect of organic fertilizer and effective microorganisms on growth, yield and quality of paddy-rice varieties. *J, Crop Prod*., (3): 269–273, 2000.

Jia, L., Tian, Y.; Tan, H. and T. San: Abi domain protein, is essential for nikkomycin biosynthesis of Streptomyces ansochromogenes, Biochemical and Biophysical. Research Communications, (362):1031-1036, 2007.

Khaliq, A.; Abbasi, M. K and T. Hussain: Effects of integrated use of organic and inorganic nutrient sources with effective microorganisms (EM) on seed cotton yield in Pakistan. *Bioresour Technol*., (97): 967–972, 2006.

Lwin, M. and Ranamukhaarachchi.: Development of Biological Control of Ralstonia solanacearum Through Antagonistic Microbial Populations. *International Journal of Agriculture and Biology*, 8 (5): 657-66, 2006

Navarro, D.; Grave de Peralta, G.; González, J. A.; Bustamante, C. A.; García, R. I.; Tabares, G. y R.A. Miranda: Método de estimación del área foliar en *Theobroma cacao* Lin a partir de las medidas lineales de las hojas, *Café Cacao*, 1 (1): 46-49, 1998.

Sánchez, C.: "Uso y manejo de los hongos micorrizógenos arbusculares y los abonos verdes en la producción de posturas de cafeto (*C. arabica* L.) en algunos suelos del macizo Guamuhaya" [inédito], tesis de candidatura, Resumen, La Habana: UNAH, 2001.

Siddiqi, M. Y. and A. D. Glass: Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. *Journal of Plant Nutrition*, 4 (3): 289-302, 1981.

Zhou, Q.; Li, K.; Jun, X. and L. Bo: Role and functions of beneficial microorganisms in sustainable aqua culture. *Bioresource Technology*, (100): 3780-3786, 2009.