

EFFECTO DE LOS BIOFERTILIZANTES SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLANTULAS DE CAFETOS EN CONDICIONES DE SOMBRA

Valdés Carmentate, R.; F. Guridi Izquierdo; S. Cabrera Quintana; J. Fernández Muñoz

Facultad de Agronomía, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana, Apartado 18-19, San José de las Lajas, C.P. 32700, La Habana, Cuba.

RESUMEN. Se trabajó con plantas jóvenes de caféto (*Coffea arabica* L. var. Caturra) cultivadas bajo sombra (35% Y. L.) a 138 msnm. Se realizó el análisis del crecimiento de las plantas evaluando la Tasa de Asimilación Neta (TAN), Tasa de Crecimiento Relativo (TCR), Duración de la Biomasa (DEM) y la duración del área foliar (DAF), al igual que las velocidades de producción de masa seca y de área foliar; demostrándose que el humus de lombriz, sobre todo en su mayor proporción. Se concluye la posibilidad de sustituir la fertilización mineral por la fertilización orgánica, debido a que se logra la producción de plántulas con condiciones óptimas para el trasplante.

BIO-FERTILIZERS EFFECT ON THE GROWTH OF COFFEE PLANTS UNDER SHADE

SUMMARY. Coffee plants (*Coffea arabica* L. var. Caturra) was cultivated in shade (35% I.L.) at 138 msl. It was determined some indicators of plant growth and it was obtained different results according to the bio-fertilizers used. The plants cultivated with the higher proportions of vermicompost were the best growing. The more important conclusion is the possibility to change to bio-fertilizers to obtain vigorous plants.

INTRODUCCION

Fernández *et al.* (1989) plantean la necesidad de obtener plantas sanas, vigorosas y bien desarrolladas a la hora del establecimiento de nuevos cafetales, lo que sólo se hace posible en el vivero.

En Cuba, el vivero más utilizado es el móvil, teniendo en cuenta los resultados obtenidos por Verdeja y Villaseñor (1981), los que al evaluar varios sistemas de formación y aprovechamiento de los viveros, concluyeron que lo más favorable es el de las bolsas.

Baltazar (1993) expresa que la agricultura alternativa, entendida como sistema de producción, evita o excluye ampliamente el uso de los agroquímicos, utilizando en mayor cuantía los desechos orgánicos. Con la técnica de la biofertilización, apunta Berger (1975) se brindan posibilidades para el mejoramiento de la estructura y propiedades del suelo con la consiguiente elevación de la disponibilidad de nutrimentos en formas asimilables para las plantas.

Treto y Arzola (1993) manifiestan que los biofertilizantes son ampliamente utilizados en varios países; entre ellos se destacan las biotierras, el "casting" y otros preparados con diferentes cepas de *Rhizobium* específicas para las legumbres, donde se han obtenido en este último caso, ahorros desde un 70 a un 100 % de la fertilización mineral nitrogenada. En países como

Colombia, se ha demostrado que la inoculación con micorrizas vesículo arbuscular (MVA) ha involucrado una rentabilidad superior en cultivos como cafetos, frutales y plantas forestales, teniendo como fase más apropiada la que comprende el vivero.

Soto y Morales (1992) probando lo factible que resulta el uso de humus de lombriz ("vermicompost"), en la obtención de posturas de cafetos, lograron valores superiores en varios indicadores del crecimiento, comparados con los obtenidos en tratamientos con suelos solos.

En el presente trabajo se pretende hacer uso de algunos biofertilizantes para la obtención de posturas de cafetos de buena calidad, tratando con ello de minimizar el uso del fertilizante mineral; para ello se hace una dinámica del comportamiento de algunos índices del crecimiento, de tal forma que se pueda lograr una mayor justificación científico-técnica a la hora de la posible aplicación de un determinado biofertilizante.

MATERIALES Y METODOS

Con el fin de dar cumplimiento al objetivo propuesto en este trabajo, se realizó un ensayo en condiciones de vivero móvil, en el área correspondiente al Departamento de Fitotecnia del Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana, situado a 23 grados LN y

82.12 grados LO, a una altura de 138 msnm. El suelo empleado como parte del sustrato pertenece al grupo de los Ferralíticos Rojos.

Los sustratos que formaron parte de los tratamientos en estudio, se basaron en una combinación de suelo con dos fuentes de materia orgánica (humus de lombriz y composta) en dos proporciones (7/8 partes de suelo y 1/8 de materia orgánica; y 3/4 partes de suelo y 1/4 de materia orgánica). Además se ensayó la inoculación con (MVA) hongo formador de micorriza vesículo arbuscular, cepa *Glomus manihotis* en ambas fuentes y ambas proporciones, a razón de 10 gramos por bolsa.

Como resultado de las mezclas se obtuvieron ocho combinaciones, las cuales tuvieron como punto de comparación dos tratamientos testigos, consistentes en el suelo sólo y la combinación de suelo-materia orgánica-fertilizante mineral como plantea la Norma Técnica establecida para el cultivo del café por el (MINAGRI, 1987), para el vivero bajo sombra Cuadro 1. Esta indica una mezcla de suelo (7/8) con materia orgánica (1/8) a la que se incorpora fertilizante mineral completo (5.2-12-6) a una dosis de 40 gramos por bolsa. El experimento también contó con el establecimiento de una sombra artificial, la que se consiguió con tela (zarán blanco) permitiendo solamente el paso del 35% de la intensidad luminosa natural.

Se emplearon semillas de la especie *Coffea arabica* L. (var. Caturra) rojo, las que fueron pregerminadas y posteriormente sembradas, ubicándose sólo una semilla por bolsa de polietileno negro (24 x 14 cm).

CUADRO 1. Tratamientos aplicados a plántulas de café.

TRATAMIENTO	HUMUS	COMPOSTA	SUELO	FERTILIZANTE MINERAL	INOCULACION (<i>Glomus manihotis</i>)
1	1/4	-	3/4	-	+
2	1/4	-	3/4	-	-
3	1/8	-	7/8	-	+
4	1/8	-	7/8	-	-
5	-	1/4	3/4	-	+
6	-	1/4	3/4	-	-
7	-	1/8	7/8	-	+
8	-	1/8	7/8	-	-
9	-	-	100 %	-	-
10	1/8	-	7/8	40 g	-

Los diez tratamientos en estudio se esquematizan a continuación, señalando con signo (+) la variante de cada proporción, que contó con la presencia del hongo micorrizógeno (Cuadro 1).

Para realizar el análisis del crecimiento, se efectuaron las siguientes determinaciones a los 123 y 161 días de haber sido emitido el primer par de hojas verdaderas:

- Área foliar: se tomó las dimensiones de cada hoja donde fue calculada el área mediante el producto del largo por ancho de la misma, utilizando el factor planteado por Soto (1980).

Posteriormente fueron sumadas el área foliar individual de todas las hojas para calcular el área foliar total

- Masa seca: se determinó la masa seca de la zona foliar, empleándose para ello cuatro plantas de cada uno de los tratamientos estudiados.

- Índices del crecimiento: con los datos del área foliar y la masa seca obtenida en los muestreos expresados anteriormente, se determinaron indicadores tales como: velocidad media de producción de área foliar, velocidad media de producción de área foliar, velocidad media de producción de masa seca foliar, tasa de asimilación neta (TAN), tasa de crecimiento relativo (TCR), duración de la biomasa (DBM) y duración del área foliar (DAF). Las fórmulas empleadas para el cálculo de cada índice son las correspondientes al método clásico, que aparecen reflejadas según lo descrito por Watson (1952), citado por Torres (1984).

Los resultados obtenidos en cada uno de los índices evaluados fueron sometidos a un análisis de varianza simple, con el fin de observar el comportamiento de los tratamientos, comparándose entre ellos y respecto a los testigos. Posteriormente se efectuó la prueba de comparación de medias por el rango múltiple de Duncan, en los casos en que fueron evidentes diferencias significativas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Para realizar un análisis de la productividad de las plantas en función de su crecimiento, fueron realizadas evaluaciones de la masa seca y del área foliar, en dos momentos, correspondientes a los 123 y 161 días posteriores a la emisión del primer par de hojas verdaderas. Con los valores resultantes se procedió al cálculo de la velocidad de producción de masa seca expresada en g·día⁻¹ así como la velocidad de producción de área foliar expresada en cm²·día⁻¹ por tres pe-

riodos: desde la emisión del primer par de hojas verdaderas hasta los 123 días, en los 38 días posteriores y desde la aparición del primer par de hojas verdaderas hasta el final de la fase de vivero. Las Figuras 1 y 2 reflejan los resultados alcanzados en estos indicadores.

Como tendencia general, en los sustratos donde se combina el suelo con el humus de lombriz, la velocidad media de producción de masa seca mostró un comportamiento superior, al ser comparados con los de compost, en cada periodo y en el periodo total. Se destaca la etapa enmarcada entre 123 y 161 días, última etapa de la fase de vivero, como el periodo donde las plantas alcanzaron la mayor velocidad. Para el caso de los tratamientos que incluyeron la composta, este indicador mostró valores siempre inferiores con respecto a los primeros. Durante el periodo de más obtención de valores bajos para este indicador, hecho que se manifiesta con independencia de la fuente orgánica utilizada, manteniéndose a lo largo de toda la fase de viverística. Este decrecimiento en dicho indicador, puede estar potenciado por un consumo de metabolitos realizados por el hongo, durante la intensa producción de biomasa.

Un aspecto importante a considerar dentro de la dinámica del crecimiento, lo constituye la velocidad de producción de área foliar. Con respecto a este índice se comprobó que las plántulas son más efectivas en producir área foliar también en la última etapa en vivero, donde se repite el hecho de ser el humus de lombriz quien más favorece el desarrollo de la parte aérea; mostrando valores comparables o superiores a los de la norma técnica, tanto en esta etapa como en el resultado integral de toda la fase. Bajo estas circunstancias, la micorriza incrementa el área foliar mientras que la composta como tratamiento, queda como intermedio entre la norma técnica y el suelo sólo.

Estos resultados son una muestra evidente de que el desarrollo de la parte aérea de las plantas se ve ampliamente estimulado por el efecto que trae consigo la incorporación de materia orgánica; lo que puede estar avalado por un incremento del volumen de las raíces, que conlleva a un mejor aprovechamiento nutricional por parte de las mismas.

Al resaltar la última etapa donde los anteriores indicadores muestran su mayor magnitud, aspecto favorable para el desarrollo de las posturas, se hace posible seguir la recomendación dada por Soto (1994) quien establece que el momento óptimo para el trasplante corresponde a un punto intermedio del periodo, donde los indicadores presenten su más favorable compor-

tamiento, coincidiendo con los 142 días de la emisión del primer par de hojas verdaderas.

En particular, en nuestro experimento se seleccionó la etapa comprendida entre los 123 y 161 días después de emitido el primer par de hojas verdaderas, señalada también por el referido autor, como la etapa más representativa para evaluar otro grupo de indicadores del crecimiento, que poseen una extraordinaria importancia a la hora de determinar la productividad biológica de los cultivos, cuyos resultados aparecen reflejados en el Cuadro 2.

Como se puede apreciar, al mezclar el humus con el suelo, la duración del área foliar (DAF) es mayor que en las mezclas con composta, logrando sobrepasar los valores expresados por los tratamientos testigos.

El efecto de la infección con (MVA) induce a la obtención de valores superiores en el sustrato con humus, ocurriendo totalmente lo contrario al tratarse con composta. Esto sugiere que la influencia de la micorriza posee cierto grado de interrelación con la fuente de materia orgánica.

Una DAF mayor se corresponde con el mantenimiento de una superficie asimiladora activa durante un mayor periodo de tiempo, favoreciéndose el proceso de fotosíntesis. Según Caruso (1987), este indicador brinda una medida de la utilización de los biofertilizantes por parte de la planta, con vistas a obtener una mayor productividad agrícola.

Por su parte, la tasa de asimilación neta (TAN), muestra un comportamiento particular. En ambas condiciones nutrimentales, este indicador registra valores que no difieren significativamente de los testigos, lo que indica que al menos para estas circunstancias experimentales con el empleo de las fuentes de materia orgánica, las plantas no lograron un incremento del material vegetal por unidad de área foliar, que difiera del que normalmente se manifiesta por el efecto de la fertilización mineral, incluso refiriéndose al suelo solo.

Los resultados relacionados con la duración de la biomasa (DBM), conllevan a una interpretación equivalente a la realizada para el caso de la DAF. Las plantas cultivadas con el tratamiento de la norma técnica, el suelo sólo y los que cuentan con la composta, muestran valores semejantes, viéndose ampliamente superados por los que incluyeron al humus de lombriz. La tendencia general que posee la micorriza es que su inoculación no resulta beneficiosa para ninguna de las fuentes.

Al analizar el comportamiento de la Tasa de Crecimiento Relativo (TCR), la inoculación con (MVA) si-

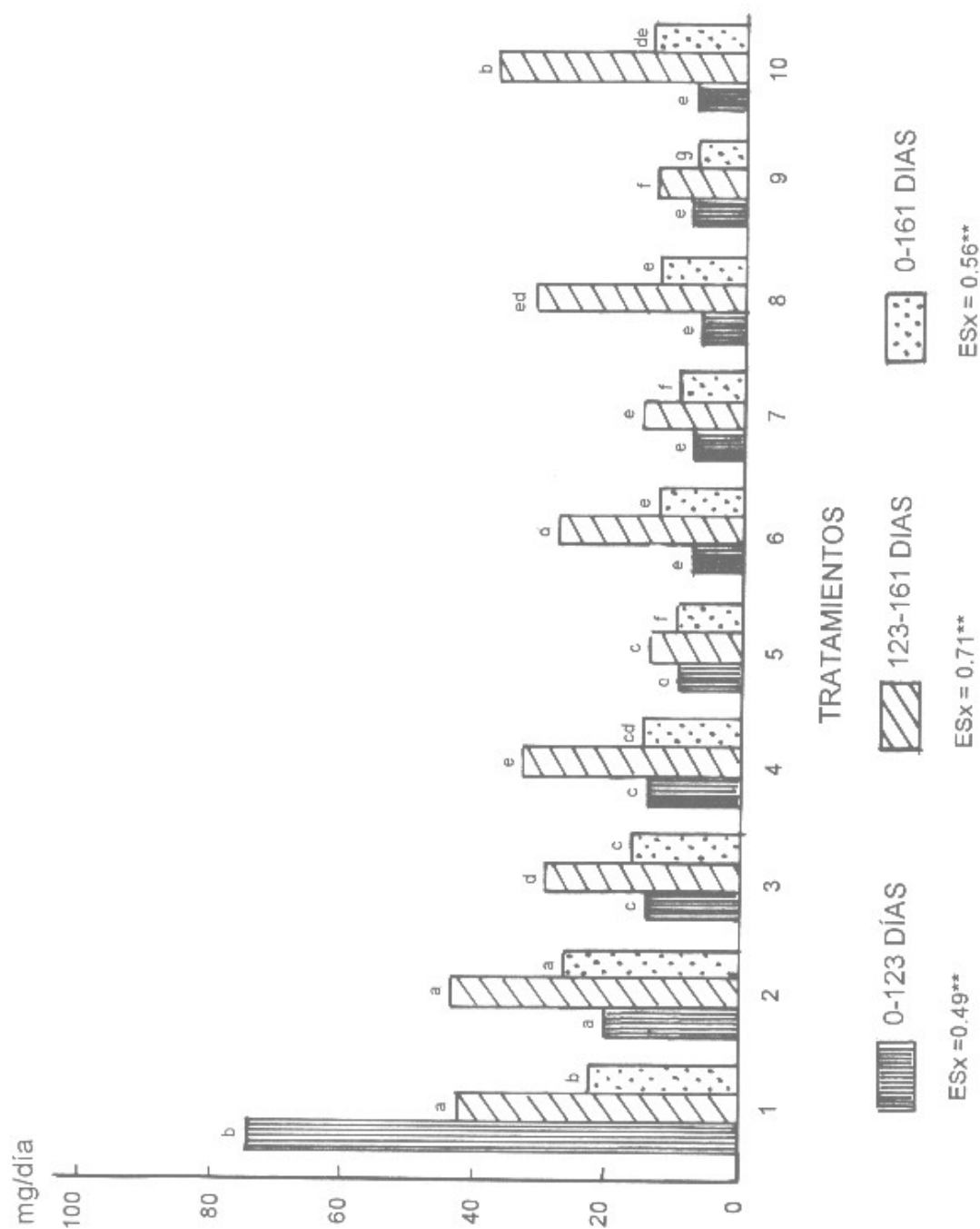


Fig. 1. Velocidad media de producción de masa seca ($\text{mg}\cdot\text{día}^{-1}$) de plantas de café por efecto de biofertilizantes.

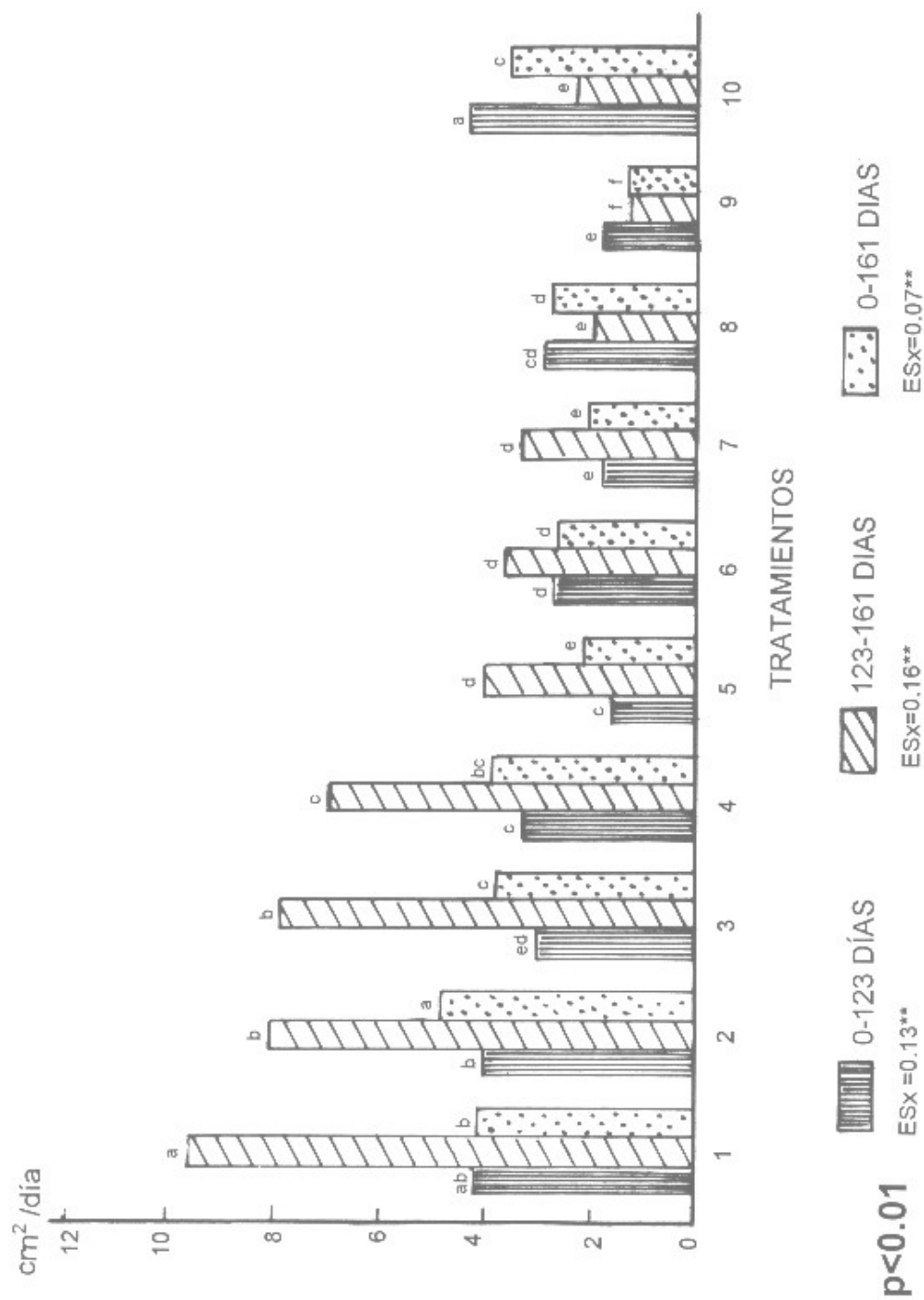


Fig. 2. Velocidad media de producción de área foliar (cm²·día⁻¹) de plantas de café por efecto de biofertilizantes.

CUADRO 2. Indicadores del crecimiento en la etapa comprendida entre los 123 y 161 días de emitido el primer par de hojas verdaderas de cafeto afectados por biofertilizantes.

TRATAMIENTO	Duración del área foliar (cm ² ·día ⁻¹)	Tasa de asimilación neta (mg·cm ⁻² ·día ⁻¹)	Tasa de crecimiento relativo (g·g ⁻¹ ·día ⁻¹)	Duración de la biomasa (g·día ⁻¹)
1	23057.28 a ²	0.081 a	0.017 cd	116.15 b
2	21864.22 b	0.075 a	0.023 ab	129.54 a
3	18469.30 c	0.080 a	0.012 e	74.11 c
4	16279.30 d	0.069 a	0.013 e	72.78 e
5	10365.76 f	0.049 b	0.014 de	51.99 d
6	14362.46 e	0.076 a	0.020 bc	54.67 d
7	10516.98 f	0.061 a	0.012 e	45.66 e
8	14169.92 e	0.081 a	0.022 ab	52.96 d
9	937.84 f	0.061 a	0.013 e	44.07 e
10	20905.32 b	0.073 a	0.025 a	57.85 d
ESx	15936.0	7.05	0.017	69.98
CV	5.47 %	15.22%	11.88%	8.51 %

² Valores con la misma letra de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Duncan $p < 0.01$.

CV = Coeficiente de variación.

que la misma tendencia que en la (DEM); sin embargo, tanto los tratamientos con humus como con composta quedan por debajo de la norma técnica y similar al suelo sólo, expresándose que ambos indicadores no responden a una relación directa.

El balance general, a partir de los resultados mostrados, permite una cierta inclinación en la utilización del humus de lombriz sobre todo en su mayor proporción, teniendo en cuenta la influencia ejercida por la micorriza; destacándose que desde el punto de vista de potencialidades bioproductivas de las plantas objeto de estudio, existe una cierta diferencia según el tipo de fuente orgánica empleada en la nutrición de las mismas, pudiendo ser perfectamente factible la eliminación de la fertilización mineral para obtener plantas vigorosas y listas fisiológicamente para el trasplante.

CONCLUSIONES

- El humus de lombriz y la composta, asociados con hongos micorrizógenos y mezclados al suelo en distintas proporciones, no manifiestan igual influencia sobre las plantas de cafeto en su etapa joven.
- Al utilizar el humus de lombriz como sustrato se favorece el comportamiento de la mayoría de los indicadores relacionados con el crecimiento, denotándose que los valores superiores logrados en importantes índices como velocidad de producción de masa seca y de área foliar, la duración del área foliar (DAF) y la

duración de la biomasa (DEM), contribuyen a que las posturas alcancen una alta potencialidad para el mejor desarrollo del proceso fotosintético, como aptitud previa al trasplante.

- La respuesta alcanzada por las plantas cultivadas con fuentes bio-orgánicas, permiten prescindir de los agroquímicos, fundamentalmente empleando el humus de lombriz en altas proporciones combinado con la acción de los hongos micorrizógenos.

LITERATURA CITADA

- BALTAR, M. 1993. Una alternativa viável en áreas reformadas na produção familiar. *Agregologia*. Associação de Agricultura Orgânica, Folheto, p. 25-35.
- BERGER, J. 1975. Compostes en maiz, su producción y abonamiento. Ed. Científico-Técnica, La Habana, Cuba, p. 101-107.
- CARUSO, E. 1987. Fotorespiração, respiração e suas relações com a produtividade. ESALQ, SP, Piracicaba, Brasil, p. 202-275.
- FERNANDEZ, J.; E. COLLAZO; S. CORTES; J.R. MARTIN. 1989. El cultivo del cafeto. Departamento de Publicaciones, ISCAH, La Habana, Cuba. 371 pp.
- SOTO, F. 1980. Densidad de siembra de posturas de cafeto. Influencia sobre la altura de las plantas, la longitud de la raíz y el área foliar. *Cultivos Tropicales* 3 (3):105-113.

- ; D. MORALES. 1992. Utilización de humus de lombriz para la producción de posturas de cafeto. Agricultura de Montaña y Agroecología. C.I.D.A., La Habana, Cuba. 1 (2): 5-11.
- ; 1994. Crecimiento de posturas de cafeto (*Coffea arabica* L.) influido por diferentes condiciones de aviveramiento. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, ISCAH. La Habana, Cuba.
- TORRES, W. 1984. Análisis del crecimiento de las plantas. Reseña. Cultivos Tropicales, Cuba, 38 pp.
- TRETO, E.; N. ARZOLA. 1993. La nutrición de las plantas por vía de la agricultura orgánica. I. Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica en La Habana, Cuba. Conferencia. Mesa Redonda. Libro resúmenes del evento, p. 23-28.
- VERDEJA, V. P.; A. VILLASEÑOR. 1981. Sistemas de propagación del cafeto en vivero. Publicación del INMECAFE, Xalapa, Veracruz, México, 16 pp.