



Hongos micorrizógenos arbusculares y niveles de abonado orgánico en la obtención de posturas de coco

Arbuscular mycorrhizogenic fungi and organic fertilizer levels in coconut seedling breeding

 Blanca M. de la Noval-Pons^{1*},  Karen Alvarado-Ruffo²,  Albaro Blanco-Imbert³,
 Gloria M. Martín-Alonso¹,  Eduardo Furrázola⁴,
 Ramón Capdesuñer-Rojas⁵,  Keyler Matos-Thompson⁶

¹Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

²Centro de Desarrollo de la Montaña, Departamento Ejecutivo de la Filial Provincial ACTAF, Luz Caballero esquina 2 Sur, Guantánamo

³Instituto de Suelos Guantánamo, Departamento de Investigación. Carr. 8 Este. Ciudad Deportiva, Guantánamo

⁴Instituto de Ecología y Sistemática, Carretera de Varona No. 11835 entre Oriente y Lindero, Calabazar, Boyero, La Habana, Cuba. CP 11900

⁵Empresa Agropecuaria y Coco Baracoa, La Playa, Baracoa, Guantánamo

⁶Centro de Desarrollo de la Montaña. Departamento de Tecnología Integral para la Producción Agrícola. Limonar de Monte, El Salvador, Guantánamo

RESUMEN: Los hongos micorrizicos arbusculares (HMA) desempeñan una importante función, al contribuir de forma más eficiente a la supervivencia y crecimiento de las posturas, al jugar un papel crucial en la nutrición de las plantas. El objetivo del presente estudio fue evaluar tres cepas de HMA inoculadas en plántulas de coco “Indio Verde-1”, en combinación con niveles de abonado orgánico en dos suelos, Arenosol háplico (ARh) y Gleysol Flúvico háplico (GFLh), en Baracoa, Guantánamo. Los resultados demostraron una respuesta diferente de la interacción de HMA con los diferentes niveles de abonado orgánico. Los mejores resultados se obtuvieron con los niveles más bajos de la combinación de Suelo: Humus de lombriz: Fibra de Coco (S:H:FC), 10:1:1 y 4:1:1. En el suelo ARh (vivero de Playa Duaba), la cepa *R. irregularis* mostró resultados similares a los controles, mientras que en el suelo GFLh (vivero de Cabacú), las tres cepas obtuvieron similar respuesta. Mediante el empleo de los HMA se logró sustituir el 75 % del abono orgánico.

Palabras clave: *Cocos nucifera*, Mycorrhizae, viveros, HMA.

ABSTRACT: The Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) perform an important function, when contributing of more efficient form to the survival and growth of nursery, when playing a crucial role in plant nutrition. The aim of the present study was to evaluate three AMF strains inoculated in coconut “Indio Verde-1” nursery in combination with organic mature levels in 0 soils Arenosol haplic (ARh) and haplic Fluvic Gleysol (GFLh), in Baracoa, Guantánamo. The results demonstrated to differential response to AMF species with different organic mature levels. The best results were obtain with the low levels of paid organic S:H:FC, 10:1:1 and 4:1:1. *R. irregularis* strains showed similar results to the controls in ARh soil (breeding ground to Playa Duaba), whereas in the GFLh soil (breeding ground to Cabacú) the three AFM strain to obtain similar response. With the AMF use, it is manage to replace 75 % of organic mature.

Key words: *Cocos nucifera*, mycorrhizae, nursery, AMF.

*Autor para correspondencia: bdelanov@inca.edu.cu

Recibido: 20/01/2021

Aceptado: 20/11/2021

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

Una de las simbiosis terrestres más importantes es la que se produce entre el 85 % de las plantas y los hongos del phylum Mucoromycota, entre los que se encuentra Glomeromycotina, subphylum al cual pertenecen los hongos formadores de micorrizas arbusculares, los cuales se asocian con el 74 % de las plantas terrestres (1). El cocotero se encuentra entre el grupo de cultivos que, de forma natural, establece simbiosis con este grupo de hongos, en el cual se encuentra una gran diversidad de especies autóctonas (2). En Cuba, el municipio Baracoa es el responsable del 85 % de la producción nacional de coco, con un rendimiento promedio de 2,2 t ha⁻¹ (3), el cual se ha visto limitado por el efecto del Cambio Climático, así como la presencia de enfermedades y sustitución de la palma por otros cultivos, la persistencia del monocultivo en la mayoría de las plantaciones, la existencia de plantaciones envejecidas, lo cual unido a la fallas en la selección de semillas hace que las áreas de plantación se hayan reducido (4).

Los HMA desempeñan una importante función, contribuyendo de forma más eficiente a la supervivencia y crecimiento de las posturas, al jugar un papel crucial en la nutrición de las plantas (5,6), siendo identificados diferentes transportadores, relacionados con la simbiosis, vinculados al movimiento del fósforo, nitrógeno, zinc, hierro, así como a azúcares (7). En las plantas micorrizadas se produce el incremento de la retención y uso eficiente del agua (8), al mismo tiempo que permiten superar el estrés abiótico (9,10) y biótico (11,12), mediante la inducción de respuestas de defensa en la planta (13,14). El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar la influencia de la inoculación de cepas de HMA en la obtención de posturas de coco, combinado con diferentes concentraciones de abonado orgánico y su interacción con cepas autóctonas, en dos viveros de producción.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se desarrolló en los viveros Playa Duaba, con un suelo Arenosol háplico (ARh); y Cabacú, con un suelo Gleysol Flúvico (GFL) (15), ambos del municipio Baracoa.

Se empleó como sustrato la combinación Suelo: Humus de lombriz: Fibra de Coco (descompuesta) (S:H:FC), de la cual se estudió 3 combinaciones de los abonos orgánicos y el suelo (2:1:1, 4:1:1 y 10:1:1) (16). En cada localidad se empleó el suelo propio, de los cuales se realizó la caracterización química del horizonte cultivable (0-0,20 m) (17) y se determinó el contenido de esporas de HMA (18).

Se empleó el ecotipo domesticado de cocotero "Indio Verde-1" (19), cuyas semillas fueron obtenidas de plantas madres, las que fueron preparadas y sembradas según se refiere (16).

Se seleccionaron tres especies de HMA, las cuales procedieron del cepario del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA): *Glomus cubense*, Y. Rodr. y Dalpé (20) cepa INCAM-4 (DAOM241198), con 92 esporas g⁻¹ de

inóculo; *Rhizophagus irregularis* (Blaszk, Wubet, Renker y Buscot) Walker y Shüßler (21) cepa INCAM-11 (DAOM711363), con 73 esporas g⁻¹ de inóculo y *Funnelliformis mosseae*, (Nicol. y Gerd.) Walker y Schüßler (21) cepa INCAM-2, con 57 esporas g⁻¹ de inóculo. Los inóculos se ajustaron y se aplicaron en la semilla según se refiere (4).

Se utilizaron, adicionalmente, tres controles constituidos por fertilización mineral (NPK 100 %) para lo que se empleó la fórmula completa 9:13:17, a razón de 45 g por semilla, fraccionado al 33 % a los 30 días posteriores a la siembra (dps) y el resto a los 90 dps el sustrato S:H:FC 1:1:1 v/v/v y el suelo (16).

Se empleó un diseño en bloques al azar con arreglo bifactorial (3x3) y tres réplicas. Se empleó una parcela experimental de 1,25 m² sobre un lecho de plantas, la cual se conformó por cinco hileras que contenían 20 semillas sembradas a una distancia de 0,05 x 0,20 m. Cada hilera constituyó una réplica.

El experimento tuvo una duración de 180 días, momento en que se muestrearon 15 plantas por réplica y se evaluó la altura (cm), el diámetro en la base del vástago (cm) y los contenidos de N, P y K (g planta⁻¹) en la parte aérea. A los 120 dps se calculó el índice de velocidad de germinación (IVG) (16). Se realizó, además, la cuantificación de las variables micorrícicas, porcentaje de la colonización (% C) (22), la intensidad de la colonización micorrícica (%) (18). El experimento se repitió durante dos años.

Los datos fueron procesados mediante el Análisis de Varianza de Clasificación Simple y la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan con un nivel de significación del 95 %. Los datos de la variable porcentaje de la colonización micorrícica se transformaron por la fórmula $\text{Arcseno}\sqrt{x}$. Se empleó el paquete estadístico STATGRAPHIC versión 15.2.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el primer año se realizó la caracterización del horizonte cultivable (0-0,20 m) de los suelos existentes en las áreas donde se realizó el experimento, cuyos resultados se muestran en la Tabla 1, en la cual se puede observar que ambos suelos poseen bajo contenido de materia orgánica, baja capacidad de intercambio de bases, de bajos a muy bajos niveles de los cationes Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, así como del fósforo (4). El análisis de la cuantificación del número de esporas indicó que en ambos suelos existe una comunidad de HMA autóctona con valores muy altos de estas estructuras, siendo mucho más elevados en la región de Cabacú que en Playa Duaba.

En estudios previos, al cuantificar los contenidos de esporas de los HMA autóctonos de diferentes localidades de Baracoa, cultivadas con coco, se encontraron también niveles elevados de esporas por 50 gramo de suelo (Cane 2313.33 y La Perrera 1731.67) (4). Los altos niveles de propágulos micorrícicos en los sitios del estudio pudieran estar relacionados con su ubicación dentro de la zona de amortiguamiento del parque Nacional Alejandro de Humboldt, que constituye el más grande remanente de los ecosistemas montañosos mejor conservados de Cuba, y el

Tabla 1. Caracterización del horizonte cultivable (0-0,20 m) de los suelos existentes en las áreas donde se realizó el experimento

Localidad	Suelo	pH	MO	P_2O_5	Ca	Mg	K	Na	CCB	Esporas HMA
		(H ₂ O)	(g. kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)		(cmolc kg ⁻¹)			por 50g de suelo	
Playa Duaba	ARh	7,5	23,7	265	7,5	3,5	0,09	0,08	11,2	923,33
Cabacú	GFLh	7,6	25,5	57,2	16	11,5	0,03	0,21	27,7	2676,67

Métodos: pH (H₂O), materia orgánica (MO) (Wakley-Black), fósforo asimilable (P₂O₅) (Oniani, H₂SO₄ 1N), potasio y demás cationes cambiables (Maslova) (NH₄Ac pH 7) y la Capacidad de Cambio de Bases (CCB) por suma de las bases (17). Esporas HMA (18). Suelo Arenosol háplico (ARh), Gleysol Flúvico háplico (GFLh)

área de mayor endemismo de las Antillas (23). Por otro lado, son áreas no perturbadas, que no han recibido aplicación de fertilizantes, plaguicidas, ni algún otro producto químico por un período de casi 20 años, los que pudieran provocar alteraciones de la microbiota del suelo (24).

En plantaciones de coco de otras áreas geográficas se han estudiado, también, las poblaciones autóctonas de HMA en las cuales se han encontrado elevados contenidos de sus propágulos, como los realizados en la Península de Yucatán, donde se encontró una gran diversidad de familias y géneros, con mayor abundancia relativa de las Glomeraceae (2), familia a la cual pertenecen las cepas empleadas en el presente estudio.

Los contenidos de esporas cuantificados en el presente estudio fueron similares a los encontrados en otros suelos, como los pertenecientes a la Reserva Florística San Ubaldo- Sabanalamar de la provincia Pinar del Río (25). Estas áreas poseen suelos arenosos con bajo contenido de materia orgánica y baja capacidad de intercambio de bases, en los que se han reportado entre 2000 y niveles superiores a 5000 esporas por 100 g de suelo en sabana seminatural y recubierta, tanto en periodo seco como lluvioso. En la Reserva de la Biósfera Ciénaga de Zapata, en bosques de ciénaga de las zonas de Pálpite y Playa Máquina también se han reportado niveles altos de estas estructuras, de 3000-7000 esporas por 100 g de suelo (26). Estos autores demostraron que los niveles de propágulos en el suelo son favorecidos por el período lluvioso. El régimen de lluvias pudo haber tenido una influencia en las condiciones del presente experimento, teniendo en cuenta que se desarrolló en zonas de altas precipitaciones bien distribuidas durante todo el año.

En el análisis de los datos para determinar el efecto de los años no se encontró interacción, por lo que se trabajó con la media de los años estudiados para cada una de las variables evaluadas. En la Tabla 2 se muestra el análisis de la influencia de las tres cepas de HMA, en combinación con diferentes niveles de abonado orgánico sobre los indicadores del desarrollo vegetativo, en la cual se observó una respuesta diferencial en las interacciones HMA-niveles de abonado orgánico. Con relación al Índice de Velocidad de Germinación, los tratamientos no mostraron diferencias significativas en ninguna de las localidades estudiadas, pues a los 120 dps en todas las variantes se obtuvo niveles similares, para cada localidad.

Al analizar los indicadores de crecimiento altura, diámetro del tallo y número de hojas se observó que en

Playa Duaba, donde el suelo es ARh los mejores resultados se lograron con la cepa de HMA *G. cubense*, combinada con los niveles de abonado orgánico más bajos (10:1:1 y 4:1:1), los cuales mostraron similitud estadística con el control S:H:FC 1:1:1. En comparación con el control NPK 100%, solo mostraron similitud estadística en la altura y el número de hojas.

En el vivero de Cabacú, el cual posee suelo GFLh, los valores más elevados se alcanzaron con la cepa *R. irregularis*, pero en este caso combinado con los niveles de S:H:FC 4:1:1 y 2:1:1, los cuales mostraron similitud estadística en la altura y el número de hojas con el control de abonado orgánico. Al analizar la influencia de las cepas de HMA, en este suelo, se observó una respuesta homogénea entre *G. cubense* y *R. irregularis* combinado con los tres niveles de S:H:FC con relación al diámetro del tallo y número de hojas, la cual superó a los controles, mientras que la respuesta con *F. mosseae* fue menos uniforme. De forma general, en Playa Duaba se alcanzaron niveles más elevados en los indicadores de desarrollo vegetativo que en Cabacú.

En la Figura 1 se muestran los resultados de la cuantificación de los indicadores del establecimiento de la micorrización en las plantas de cocotero ecotipo "Indio Verde-1", inoculadas con HMA, crecidas en tres niveles de sustrato, sobre ambos suelos. Con relación a los tratamientos inoculados, se observa una respuesta diferencial de las cepas de HMA en los dos suelos estudiados, siendo *G. cubense* con la que se alcanzaron los mayores niveles en ARh, mientras que *R. irregularis* fue la mejor cepa para GFLh.

Con relación al % C (Figura 1A y D), ningún tratamiento superó al control de abonado orgánico en ninguno de los suelos, sin embargo, para el % IC (Figura 1B y E) en el suelo ARh, la cepa *G. cubense*, combinada con S:H:FC 10:1:1 y 4:1:1, mostró similitud estadística con este control, mientras que en GFLh, las tres cepas de HMA combinada con los diferentes niveles de S:H:FC, alcanzaron resultados similares.

El análisis conjunto de los indicadores de la micorrización (%C y %IC) permite realizar una valoración más completa, pues el % C corresponde al número de raíces con presencia de alguna de las estructuras fúngicas, mientras que el %IC cuantifica el nivel de estas estructuras dentro de las raíces, entre los que se encuentran los arbusculos, en los cuales se produce el intercambio bidireccional de nutrientes y fotosintatos entre la planta y el hongo (27). Teniendo en cuenta este análisis, se corrobora

Tabla 2. Índice de velocidad de germinación, altura, diámetro en la base del vástago y número de hojas de plántulas de cocotero ecotipo Indio Verde-1, inoculadas con HMA en tres niveles de sustrato sobre los suelos Arenosol háplico y Gleysol Flúvico háplico

HMA	Niveles de MO	IVG	Altura		Diámetro del tallo		Número de hojas	
			(cm)		(cm)			
Suelo Arenosol háplico (Playa Duaba)								
<i>G. cubense</i>	S:H:FC (10:1:1)	0,39	96,71	bc	3,11	a	3,00	a
	S:H:FC (4:1:1)	0,42	95,92	bc	3,10	a	2,82	abc
	S:H:FC (2:1:1)	0,42	94,21	cd	3,08	ab	2,82	abc
<i>R. irregularis</i>	S:H:FC (10:1:1)	0,39	89,46	def	2,83	bc	2,67	cd
	S:H:FC (4:1:1)	0,41	88,60	def	2,69	cd	2,58	d
	S:H:FC (2:1:1)	0,40	87,47	ef	2,53	d	2,58	d
<i>F. mosseae</i>	S:H:FC (10:1:1)	0,39	93,02	cde	3,04	ab	2,73	bcd
	S:H:FC (4:1:1)	0,40	91,33	cde	3,00	ab	2,71	cd
	S:H:FC (2:1:1)	0,38	89,21	def	2,75	cd	2,62	cd
NPK 100%		0,43	104,20	a	2,83	bc	2,82	abc
S:H:FC(1:1:1)		0,45	101,03	ab	2,92	abc	2,91	ab
suelo		0,42	83,06	f	2,67	cd	2,69	cd
EEx		0,02 ns	2,08		0,08		0,02	
Suelo Gleysol Flúvico háplico (Cabacú)								
<i>G. cubense</i>	S:H:FC (10:1:1)	0,27	88,11	c	2,75	ab	2,71	abc
	S:H:FC (4:1:1)	0,26	91,03	bc	2,79	a	2,78	abc
	S:H:FC (2:1:1)	0,26	90,20	c	2,77	ab	2,71	abc
<i>R. irregularis</i>	S:H:FC (10:1:1)	0,27	91,03	bc	2,80	a	2,78	abc
	S:H:FC (4:1:1)	0,26	97,08	ab	2,84	a	2,84	ab
	S:H:FC (2:1:1)	0,26	97,71	a	2,83	a	2,89	a
<i>F. mosseae</i>	S:H:FC (10:1:1)	0,26	85,77	c	2,71	abc	2,67	bc
	S:H:FC (4:1:1)	0,27	86,56	c	2,58	abcd	2,76	abc
	S:H:FC (2:1:1)	0,26	87,97	c	2,52	bcd	2,76	abc
NPK 100%		0,26	97,62	a	2,44	d	2,62	c
S:H:FC(1:1:1)		0,26	100,92	a	2,49	cd	2,89	a
suelo		0,25	76,76	d	2,14	e	2,6	c
EEx		0,01 ns	2,08		0,08		0,02	

Medias con letras distintas para el mismo suelo difieren entre sí, según Prueba de Rangos Múltiples de Duncan ($P \geq 0,05$).

Leyenda: IVG: índice de velocidad de germinación, S-H-FC: suelo:humus de lombriz:fibra de coco. EEx: error estándar de la media

G. cubense como la mejor cepa de HMA para el suelo ARh, mientras que las tres cepas de HMA muestran resultados similares para el GFLh.

Las esporas son las estructuras de resistencia, que permiten la permanencia en el tiempo y la diseminación de los hongos. El análisis de la cuantificación de las mismas (Figura 1C y F) mostró que en el suelo ARh las cepas autóctonas existentes resultan ser más competitivas que las inoculadas para su permanencia en el suelo, lo cual es de esperar pues poseen elevados niveles de contenidos de esporas (923,33 esporas por 50 gramo de suelo), sin embargo, en el GFLh, a pesar de poseer contenidos de HMA autóctonas más elevados que ARh (1676,67 esporas por 50 gramo de suelo), la cepa *G. cubense* con S:H:FC 4:1:1 y 2:1:1 y *G. irregularis* con los tres niveles de S:H:FC, muestran similitud estadística con el control de abonado orgánico y el suelo.

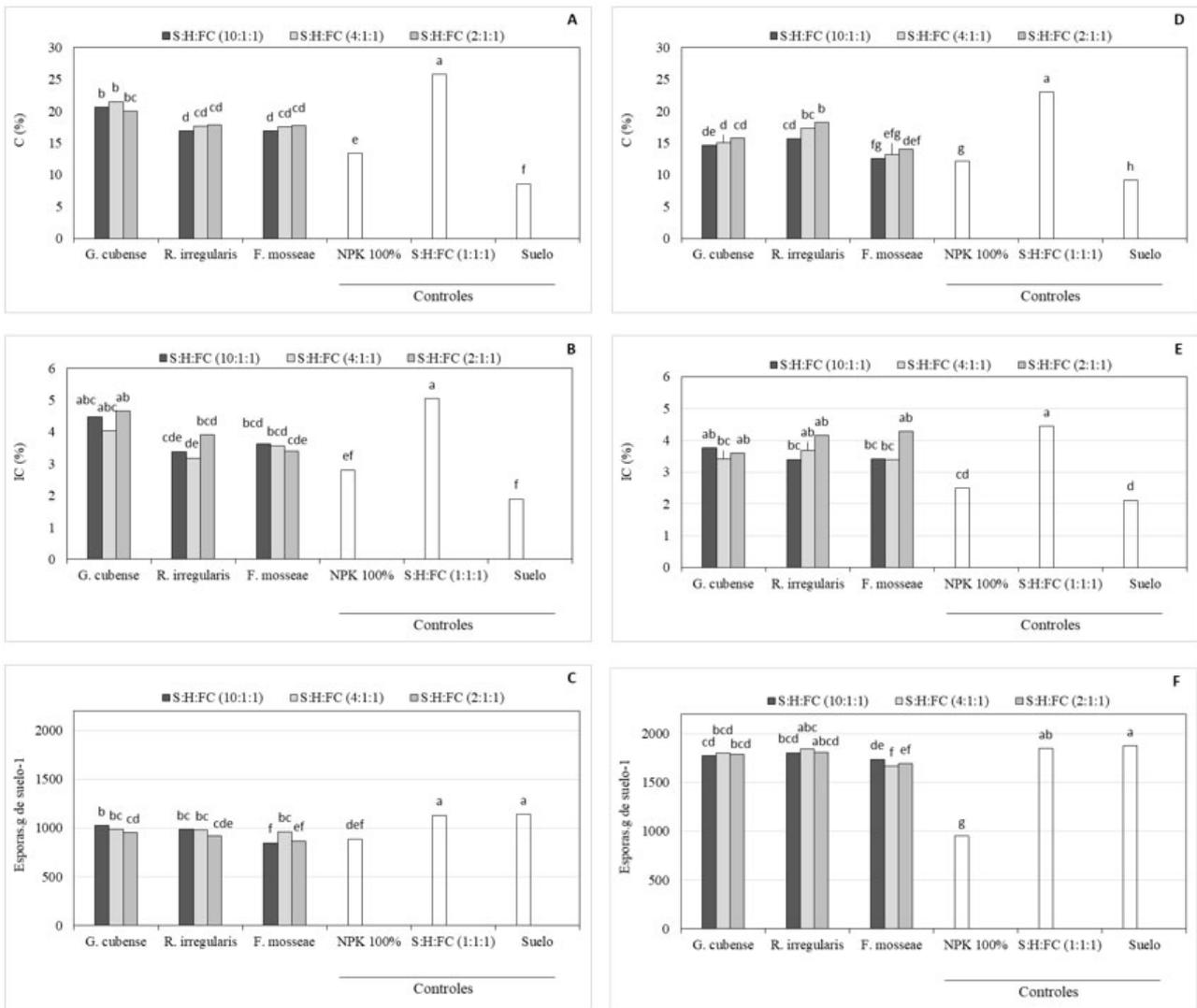
Un aspecto que resulta interesante destacar son los altos niveles de propágulos de HMA autóctonas existentes en los suelos en estudio, lo que llevaría a pensar que es difícil que las cepas aplicadas pudieran establecerse. Se esperaría que con altos niveles de HMA autóctonas, no se obtendría

respuesta ante la inoculación, debido a que se genera una competencia por nutrientes, donde las especies autóctonas tendrán un mejor resultado, teniendo en cuenta el nivel de adaptación a las condiciones edáficas presentes. Sin embargo, los resultados encontrados en este trabajo pudieran deberse al hecho de que, al preparar la mezcla de sustrato constituido por suelo: humus de lombriz y fibra de coco, a diferentes concentraciones del abono orgánico, se produjo una disminución en los niveles de propágulos existentes en los suelos estudiados, teniendo en cuenta que el suelo constituye solo un porcentaje del volumen total de la mezcla, efecto que se reflejó en las respuestas de las plantas.

Los resultados diferenciales obtenidos con relación a los indicadores del establecimiento de los HMA en ambos suelos, pueden deberse a que el suelo ARh posee contenidos elevados de P, los cuales pueden ser inhibidores del establecimiento de las cepas introducidas, a diferencia de las autóctonas que se encuentran adaptadas a estos contenidos. En cambio, en el GFLh, estos niveles de P son más bajos, lo cual permitió un mejor establecimiento de las cepas inoculadas. El establecimiento

Arenosol háplico (Playa Duaba)

Gleysol Flúvico (Cabacú)



Medias con letras distintas para el mismo suelo difieren entre sí, según Prueba de Rangos Múltiples de Duncan (P(0,05). S:H:FC: suelo:humus de lombriz:fibra de coco. EEx: error estándar de la media

Figura 1. Colonización (C%), intensidad de la colonización (IC%) y cuantificación del número de esporas en las plantas de cocotero ecotipo “Indio Verde-1” inoculadas con HMA, crecidas en tres niveles de sustrato sobre los suelos Arenosol háplico y Gleysol Flúvico

de la simbiosis micorrícica arbuscular es regulada por diferentes factores, entre los que se encuentran las concentraciones de P en el suelo (5,28), cuyo balance es regulado acorde a las necesidades del mismo por la planta (29). En un estudio de la influencia de diferentes niveles de KH_2PO_4 se encontró que, a concentraciones entre 20 y 200 μM , se obtenían altos porcentajes de colonización en estevia, siendo la concentración de 200 la más favorable para la formación de los arbusculos; sin embargo, ambos indicadores se reducían significativamente a 500 y 1000 μM de KH_2PO_4 , por lo que concluyeron que las bajas concentraciones de P inducen altos porcentajes de colonización (5). Sin embargo, se ha encontrado que en suelos con muy bajos contenidos de nutrientes, como el P.

En ambos suelos se observó que se necesita mejorar las condiciones de fertilidad para lograr el establecimiento de los HMA en las raíces de las plántulas de coco, lo cual se puede afirmar, dado que los niveles de los indicadores de la micorrización, como el porcentaje de colonización y de intensidad de la colonización, alcanzaron niveles similares o inferiores a los obtenidos en el control S:H:FC (1:1:1).

El abono orgánico pudo haber mejorado las propiedades físicas de los suelos con los que se trabajó, permitiendo mayor disponibilidad de los nutrientes y de esta forma producir un mejor desarrollo de las plantas. En un estudio con el fruto de la pasión (*Passiflora edulis*), con el empleo de polvo del mesocarpo del coco en el sustrato y el HMA *Acaulospora longula*, se concluyó que la adición del

abonado orgánico favoreció la micorrización, con un efecto positivo sobre el desarrollo vegetativo e indicadores fisiológicos de las plantas (30).

Los HMA incrementan el volumen de suelo a explorar por las raíces a través de una red de hifas interconectadas, con la cual incrementan la toma de nutrientes, entre los que se encuentran el fósforo, nitrógeno, zinc, hierro, así como azúcares y agua (7). Estos juegan un papel crítico en ecosistemas naturales y cultivados con limitaciones de nutrientes, tales como nitrógeno y fósforo (31,32). Sin embargo, cuando se aplica NPK 100 %, la planta solo tendrá a su disposición los nutrimentos incorporados a través de la fertilización y los que se encuentran en el suelo.

Otros autores, estudiando la influencia de los HMA sobre posturas de cocotero, encontraron un efecto positivo de la inoculación, con incrementos en el desarrollo de raíces primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias, lo cual mejoró la eficiencia en la absorción de agua y nutrientes e indujo incrementos en el perímetro de la base del tallo y el peso seco de la parte aérea (33).

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos se concluye que existió una respuesta diferencial de la interacción HMA-concentraciones de abonado orgánico en los suelos estudiados, obteniéndose los mejores resultados, de forma general, con los niveles más bajos de materia orgánica (S:H:FC 10:1:1 y 4:1:1). En el ARh, correspondiente al vivero de Playa Duaba, solo con *G. cubense* se alcanzan resultados similares a los controles, mientras que en el suelo GHh, vivero de Cabacú, se lograron niveles similares a los controles con las tres cepas de HMA. Estas alternativas favorecieron la disminución en 30 días del período de permanencia en vivero, con el incremento de la relación valor/costo en el proceso productivo. Las posturas obtenidas mostraron mayor supervivencia y crecimiento que las producidas por el manejo convencional cuando fueron plantadas en dos agroecosistemas, lo que demostró la efectividad del manejo agroecológico propuesto. Teniendo en cuenta la baja disponibilidad de abonos orgánicos en las localidades donde se encuentran los viveros, estas alternativas resultan de gran utilidad pues permiten sustituir el 75 % del abono orgánico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Field KJ, Pressel S. Unity in diversity: structural and functional insights into the ancient partnerships between plants and fungi. *New Phytologist*. 2018;220(4):996-1011.
2. Lara-Pérez LA, Oros-Ortega I, Córdova-Lara I, Estrada-Medina H, O'Connor-Sánchez A, Góngora-Castillo E, et al. Seasonal shifts of arbuscular mycorrhizal fungi in *Cocos nucifera* roots in Yucatan, Mexico. *Mycorrhiza*. 2020;30(2):269-83.
3. OSDE Agroforestal. Programa de Desarrollo del Cocotero en Cuba 2017-2030. La Habana, Cuba: Ministerio de la Agricultura; 2017 p. 88.
4. Alvarado Ruffo K. Manejo agroecológico de la producción de posturas de cocotero (*Cocos nucifera*, L.) ENT#091;DoctoralENT#093;. ENT#091;Mayabeque, CubaENT#093;: Universidad Agraria de la Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez"; 2019. 98 p.
5. Sarmiento-López LG, López-Meyer M, Sepúlveda-Jiménez G, Cárdenas L, Rodríguez-Monroy M. Photosynthetic performance and stevioside concentration are improved by the arbuscular mycorrhizal symbiosis in *Stevia rebaudiana* under different phosphate concentrations. *PeerJ*. 2020;8:e10173.5
6. Della Mónica IF, Godeas AM, Scervino JM. *In vivo* modulation of arbuscular mycorrhizal symbiosis and soil quality by fungal P solubilizers. *Microbial ecology*. 2020;79(1):21-9.
7. Salvioli di Fossalunga A, Novero M. To trade in the field: the molecular determinants of arbuscular mycorrhiza nutrient exchange. *Chemical and Biological technologies in Agriculture*. 2019;6(1):1-12.
8. Le Pioufle O, Ganoudi M, Calonne-Salmon M, Ben Dhaou F, Declerck S. *Rhizophagus irregularis* MUCL 41833 improves phosphorus uptake and water use efficiency in maize plants during recovery from drought stress. *Frontiers in plant science*. 2019;10:897.
9. Wang F. Arbuscular mycorrhizas and ecosystem restoration. In: *Arbuscular mycorrhizas and stress tolerance of plants* [Internet]. Singapur: Springer; 2017. p. 245-92. Available from: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-10-4115-0>
10. Quiroga G, Erice G, Aroca R, Zamarreño ÁM, García-Mina JM, Ruiz-Lozano JM. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and salicylic acid regulate aquaporins and root hydraulic properties in maize plants subjected to drought. *Agricultural water management*. 2018;202:271-84.
11. Alaux P-L. Does the arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis* mitigate late blight in potato plants? [Internet]. Louvain, B;elgica: Presses universitaires de Louvain; 2020. Available from: https://books.google.com/cu/books?hl=es&lr=&id=IkMEAAQAQBAJ&oi=fnd&pg=PA9&dq=Alaux+PL.++Does+the+arbuscular+mycorrhiza+l+fungus+Rhizophagus+irregularis+mitigate+late+blight+in+potato+plants%3F+%5B+Tesis+doctoral%5D.+%5BLouvain,+B%C3%A9lgica%5D:+Universit%C3%A9+catholique+de+Louvain,+Facult%C3%A9+des+bioing%C3%A9nieurs%3B+2020.+316+p.&ots=hms_KA3ztf&sig=scCqR_YH1MD2HkMTcCQEMCfFIJE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
12. Marquez N, Giachero ML, Gallou A, Debat HJ, Declerck S, Ducasse DA. Transcriptome analysis of mycorrhizal and nonmycorrhizal soybean plantlets upon infection with *Fusarium virguliforme*, one causal agent of sudden death syndrome. *Plant Pathology*. 2019;68(3):470-80.
13. Noval-Pons BM de la, León-Díaz O, Martínez-Gallardo NA, Pérez-Ortega E, Délano-Frier JP. Patrón de la actividad de las β -1,3-glucanasas y quitinasas en la interacción HMA-sistemina en tomate. I. Fase presimbiótica. *Cultivos Tropicales*. 2018;38(4):84-91. doi:10.1234/ct.v38i4.1409

14. Noval-Pons BM, León-Díaz O, Martínez-Gallardo NA, Pérez-Ortega E, Délano-Frier JP. Patrón de la actividad de las β -1, 3-glucanasas y quitinasas en la interacción HMA-sistemina en tomate. II Fase temprana de la simbiosis. *Cultivos Tropicales*. 2017;38(3):36-43.
15. Hernández JA, Pérez JJM, Bosch ID, Castro SN. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA. 2015.
16. Alvarado-Ruffo K, Blanco-Imbert A, Martín-Alonso GM, Ríos-Rocafull Y, Capdesuñer-Rojas R, Matos-Thompson K, et al. Influencia de un sistema de abonado orgánico y *Azotobacter chroococcum* sobre posturas de cocotero. *Cultivos Tropicales* [Internet]. 2019;40(1). Available from: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1495>
17. Paneque VM, Calaña JM, Calderón M, Borges Y, Hernández T, Caruncho M. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. San José de las Lajas, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas [Internet]. Mayabeque, Cuba; 2010. Available from: https://ediciones.inca.edu.cu/files/folleto/folleto_suelos.pdf
18. Herrera-Peraza RA, Furrázola E, Ferrer RL, Valle RF, Arias YT. Functional strategies of root hairs and arbuscular mycorrhizae in an evergreen tropical forest, Sierra del Rosario, Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. 2004;35(2):113-24.
19. Alonso M, Cueto JR, Santos Y, Romero W, LLauger R, Rohde W. Variabilidad morfológica y molecular de una población de cocoteros verdes en la región de Baracoa. *Cultivos Tropicales*. 2007;28(3):69-75.
20. Rodríguez Y, Dalpé Y, Séguin S, Fernández K, Fernández F, Rivera RA. *Glomus cubense* sp. nov., an arbuscular mycorrhizal fungus from Cuba. *Mycotaxon*. 2011;118(1):5.
21. Schüßler A, Walker C. Evolution of the Plant-Symbiotic Fungal Phylum, Glomeromycota. En: *Evolution of fungi and fungal-like organisms* [Internet]. Berlin, Alemania: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2011. p. 164-85. Available from: <https://research-repository.uwa.edu.au/en/publications/evolution-of-the-plant-symbiotic-fungal-phylum-glomeromycota>
22. Giovannetti M, Mosse B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New phytologist*. 1980;84:489-500.
23. Espinosa J, Ortea J, Moro L. Nueva especie de marginela del género *Prunum* Herrmannsen, 1852 (*Mollusca: Neogastropoda: Marginellidae*), del Parque Nacional Alejandro de Humboldt, sector Baracoa, Cuba. *Academia Canaria de Ciencia*. 2008;20(4):19-22.
24. Lovera M, Cuenca G. Diversidad de hongos micorrizicos arbusculares (HMA) y potencial micorrizico del suelo de una sabana natural y una sabana perturbada de la gran sabana, Venezuela. *Interciencia*. 2007;32(2):108-14.
25. Furrázola E, Covacevich F, Torres-Arias Y, Rodríguez-Rodríguez RM, Ley-Rivas JF, Izquierdo K, et al. Functionality of arbuscular mycorrhizal fungi in three plant communities in the Managed Floristic Reserve San Ubaldo-Sabanalamar, Cuba. *Revista de Biología Tropical*. 2015;63(2):341-56.
26. Gómez EFF, Rodríguez RMR, Arias YT, González SG, Fors RO, Rivas JFL. Hongos micorrizógenos arbusculares (Glomeromycotina) en ecosistemas naturales y agrícolas en la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata, Cuba. *Acta Botánica Cubana* [Internet]. 2018;217(1). Available from: <http://www.revistasgeotech.com/index.php/abc/article/view/225>
27. Choi J, Summers W, Paszkowski U. Mechanisms underlying establishment of arbuscular mycorrhizal symbioses. *Annual Review of Phytopathology*. 2018;56:135-60.
28. Deng Y, Feng G, Chen X, Zou C. Arbuscular mycorrhizal fungal colonization is considerable at optimal Olsen-P levels for maximized yields in an intensive wheat-maize cropping system. *Field Crops Research*. 2017;209:1-9.
29. Calabrese S, Kohler A, Niehl A, Veneault-Fourrey C, Boller T, Courty P-E. Transcriptome analysis of the *Populus trichocarpa-Rhizophagus irregularis* mycorrhizal symbiosis: regulation of plant and fungal transportomes under nitrogen starvation. *Plant and Cell Physiology*. 2017;58(6):1003-17.
30. de Oliveira PTF, Dos Santos EL, da Silva WAV, Ferreira MRA, Soares LAL, da Silva FA, et al. Use of mycorrhizal fungi releases the application of organic fertilizers to increase the production of leaf vitexin in yellow passion fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020;100(4):1816-21.
31. Saia S, Aissa E, Luziatelli F, Ruzzi M, Colla G, Ficca AG, et al. Growth-promoting bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi differentially benefit tomato and corn depending upon the supplied form of phosphorus. *Mycorrhiza*. 2020;30(1):133-47.
32. Verzeaux J, Hirel B, Dubois F, Lea PJ, Tétu T. Agricultural practices to improve nitrogen use efficiency through the use of arbuscular mycorrhizae: Basic and agronomic aspects. *Plant Science*. 2017;264:48-56.
33. Ilangamudali I, Senarathne SHS. Effectiveness of Arbuscular Mycorrhizal Fungi based biofertilizer on early growth of coconut seedlings. 2016;(22):1-12.