

INOCULACIÓN MICORRÍZICA COMBINADA CON FERTILIZACIÓN MINERAL EN PIMIENTO (*Capsicum annuum* L.) CULTIVAR 'CALIFORNIA WONDER'

Jaime Enrique Simó González^{1*}, Ramón Rivera Espinosa², Fernando Manuel de Almeida³, Ernesto Espinosa Cuéllar¹ y Alberto Espinosa Cuéllar¹

¹ Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), Apartado 6, Santo Domingo CP: 53000, Villa Clara, Cuba.

² Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque.

³ Universidad José Eduardo dos Santos, Facultad de Ciencias Agrarias de Huambo, República de Angola. Avenida Reiwaponjamb, a Catumbela, cidade Alta, CP: 2458.

*Autor para la correspondencia: micorrizasf@inivit.cu

Recibido: 6 de noviembre de 2019; Aceptado: 17 de diciembre de 2019

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto en el cultivo del pimiento de la inoculación micorrízica con una cepa eficiente de hongo micorrízico arbuscular combinada con la fertilización mineral en el rendimiento y funcionamiento fúngico en condiciones semicontroladas en suelo Pardo mullido carbonatado de fertilidad media, se realizaron durante las campañas 2014-2015 y 2015-2016 en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) experimentos bajo un diseño Completamente Aleatorizado con arreglo factorial 5 x 2, con cinco dosis de NPK (N₀P₀K₀, N₄₀P₂₀K₃₀, N₈₀P₄₀K₆₀, N₁₂₀P₆₀K₉₀ y N₁₆₀P₈₀K₁₂₀ kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O) y dos niveles de inoculación (con y sin). El mejor tratamiento en la condición edáfica estudiada consistió en la aplicación de la dosis N₈₀P₄₀K₆₀ combinada con la inoculación con *R. irregulare intraradices* (INCAM-11) que produjo rendimientos altos y un funcionamiento micorrízico óptimo, con disminución del 50 % de las dosis de fertilizantes minerales recomendadas en la Guía técnica para la producción del cultivo de pimiento en Cuba. El empleo de esta tecnología puede contribuir a la sostenibilidad agroalimentaria.

Palabras clave: colonización de raíces, esporas, inoculación de semillas, micorrizas arbusculares, rendimiento

MICORRHIZAL INOCULATION COMBINED WITH MINERAL FERTILIZATION ON PEPPER (*Capsicum annuum* L.) CULTIVAR 'CALIFORNIA WONDER'

ABSTRACT

To evaluate the effect on pepper cultivation of mycorrhizal inoculation with an efficient strain of arbuscular mycorrhizal fungus, combined with the mineral fertilization on yield and fungal functioning under semi-controlled conditions on a carbonated loose brown soil of medium-fertility, experiments were carried out under a Completely Randomized design with a 5 x 2 factorial arrangement, with five doses of NPK (N₀P₀K₀, N₄₀P₂₀K₃₀, N₈₀P₄₀K₆₀, N₁₂₀P₆₀K₉₀ and N₁₆₀P₈₀K₁₂₀ kg ha⁻¹ of N, P₂O₅ and K₂O) and two inoculation

levels (with and without) at the Research Institute of Tropical Roots and Tuber Crops (INIVIT) during the campaigns 2014-2015 and 2015-2016. The best treatment in the edaphic condition studied, consisted on the application of the dose $N_{80}P_{40}K_{60}$ combined with the inoculation with *R. irregulare intraradices* (INCAM 11) that produced high yields and an optimal mycorrhizal functioning, with a 50 % decrease of the doses of mineral fertilizers, recommended in the Technical Guide for the pepper crop production in Cuba. The use of this technology can contribute to the agro-food sustainability.

Keywords: colonization of roots, spores, inoculation of seeds, arbuscular mycorrhizae, yield

INTRODUCCIÓN

El cultivo del pimiento (*Capsicum annuum* L.) está ampliamente difundido por toda Cuba. Según los últimos datos publicados en el país, en el año 2018 se produjeron alrededor de 78 679 t, en una superficie de 6 647 ha con rendimientos que no superaron las 11,84 t ha⁻¹ (ONEI, 2019).

Es una de las hortalizas más apreciada y demanda por los consumidores cubanos, los frutos contienen ácido ascórbico (vitamina C), tiamina (vitamina B1), riboflavina (vitamina B2), polifenoles, carotenoides, azúcares y minerales como el K, Ca, Fe y P (Pérez *et al.*, 2007)

El escaso riego y la insuficiente fertilización, asociada con las cantidades a aplicar y por los altos precios en el mercado internacional, constituyen las principales limitantes para la obtención de rendimientos altos, tanto en el sector estatal como en el no estatal a nivel nacional.

Los aspectos señalados demandan incrementar en las plantaciones de pimiento la utilización de esquemas de suministro de nutrimentos que optimicen su aprovechamiento, disminuyan la dependencia de los insumos agroquímicos externos, protejan al suelo y garanticen rendimientos altos.

Ante esta problemática y a partir del carácter micotrófico del cultivo (Ruscitti, 2016), el establecimiento de una simbiosis micorrízica arbuscular efectiva a través de la inoculación con cepas eficientes combinadas con aplicaciones de fertilizantes, se convierte en una opción para disminuir la utilización de insumos agroquímicos en la agricultura (González, 2014; Rivera *et al.*, 2015), a través de sus beneficios, en el aumento de la capacidad de absorción de nutrimentos por las plantas micorrizadas eficientemente, por lo que representa una alternativa de manejo biotecnológico que puede ser adicionado dentro de la práctica de producción del cultivo.

Este trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto en el cultivo del pimiento de la inoculación micorrízica con una cepa eficiente de hongo micorrízico arbuscular combinada con la fertilización mineral en el rendimiento y funcionamiento fúngico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) ubicado a los 22° 35' de longitud Norte, 80°18' de longitud Oeste, localizado en el municipio Santo Domingo, provincia Villa Clara, Cuba, a 40 m.s.n.m.

Se evaluó la inoculación con una cepa de HMA combinada con dosis de fertilización mineral y un control sin inocular. El trabajo se realizó en canteros (microparcelas) de

cemento de un área de 1 m² por 0,60 m de profundidad. Se utilizó un diseño Completamente Aleatorizado con arreglo factorial 5 x 2. Los factores y sus respectivos niveles en este caso fueron: dosis de NPK (cinco) e inoculación micorrízica (2).

Principales características edafoclimáticas

Los experimentos se ejecutaron en un suelo Pardo mullido carbonatado (Hernández *et al.*, 2015). Cada microparcela se rellenó con este tipo de suelo y proveniente de la capa arable de 0-0,2 m de profundidad, cuyas principales características se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Características agroquímicas y contenido de esporas iniciales en el suelo Pardo mullido carbonatado. (0-20 cm de profundidad).

Campaña	pH	MO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Contenido de esporas
	H ₂ O	(%)	(mg kg ⁻¹)		(cmol _c kg ⁻¹)			(espora 50 g ⁻¹ de suelo)
2014-2015	7,5	1,55	22,18	21,80	42,25	3,96	0,42	46,0
2015-2016	7,9	1,85	23,13	30,43	45,11	4,10	0,53	59,0

Cada valor es promedio de ocho muestras compuestas. pH en H₂O en relación suelo: solución (1:2,5) por el método potenciométrico. Determinación de la materia orgánica por el método de Walkley-Black. Determinación del P y el K por el método de Olsen (0,5 N NaHCO₃). Determinación de Ca⁺², Mg⁺² y K⁺ con NH₄Ac 1 M y pH 7 en relación suelo: solución de 1:5 y agitando durante cinco minutos. El contenido de esporas se determinó por el método de decantado-húmedo.

Los suelos presentaron una reacción ligeramente alcalina, con valores de materia orgánica bajos y contenidos medios de fósforo y potasio disponible. En relación con los cationes intercambiables, el Ca⁺² mostró valores altos, mientras que el Mg⁺² y el K⁺ presentaron contenidos medios.

Las variables climáticas (precipitación acumulada, humedad relativa y temperatura media mensual) en el período experimental se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Características climáticas del período experimental en el INIVIT.

Mes	Campaña					
	2014-2015			2015-2016		
	Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	Temperatura media (°C)	Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)	Temperatura media (°C)
Noviembre	74,5	81	22,4	71,4	84	24,2
Diciembre	1,8	81	20,5	56,7	85	24,1
Enero	29,0	80	21,1	82,1	83	20,9
Febrero	14,3	74	20,4	7,1	77	20,1
Marzo	18,0	69	23,9	82,9	73	23,5

Fuente: Los datos de las variables climatológicas correspondientes al período experimental se tomaron de la Estación Agrometeorológica No. 326 (INSMET, 2016) ubicada en el INIVIT.

Material vegetal, siembra y trasplante

Se utilizó el cv. 'California Wonder' (MINAG, 2017) como cultivo modelo con un 95 % de germinación. La siembra del material vegetal para producir plantas listas para el trasplante se realizó por el método de cepellón, las bandejas se colocaron para su germinación en condiciones semicontroladas, con malla antiáfidos (MINAG, 2009).

A partir del mes de noviembre en cada campaña estudiada (2014-2016) se trasplantaron de forma manual las plantas de pimiento con 10-12 cm de altura a las microparcels. Se dejó una distancia entre hileras de 0,90 m y entre plantas de 0,30 m, lo que determinó una densidad de 6 plantas por m² y un total de 60 plantas en todo el ensayo (seis plantas por microparcels).

Inoculante micorrízico

Se estudió la cepa de INCAM-11 que pertenece a la colección del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) de Cuba y se corresponde con la especie: *Rhizoglyphus irregularis* (Sieverding *et al.*, 2014). En todos los casos, el contenido de esporas del inóculo estaba entre 25 y 30 esporas g⁻¹ de producto.

La inoculación micorrízica se realizó 16 h antes de establecer el semillero en los cepellones mediante el recubrimiento de la semilla, con cantidades de inoculante micorrízico equivalentes al 8 % de su peso (80 g de inóculo por kg de semilla) y utilizando 600 mL de agua por cada kg de inoculante. Además, se reinocularon las plantas en el momento del trasplante a las microparcels a razón de 5 g de inóculo micorrízico por planta, localizado debajo de las raíces y en contacto directo con estas.

Fertilización mineral

Se utilizaron para proporcionar los nutrimentos a las plantas en las condiciones estudiadas los portadores: urea (46 % de N), superfosfato triple (46 % de P₂O₅) y cloruro de potasio (60 % de K₂O). Se estudiaron cinco dosis de fertilización mineral: el 100 % de NPK se consideró el suministro de 160, 80 y 120 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O al cultivo (MINAG, 2009) y las otras dosis consistieron en la aplicación del 75 % (120, 60 y 90 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O), 50 % (80, 40 y 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O) y el 25 % (40, 20 y 30 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O) de la dosis recomendada.

Las dosis de N y P₂O₅ se fraccionaron en tres aplicaciones a partes iguales, en el momento del trasplante, a los 20 y 50 días después del trasplante (ddt) y fueron tapadas con suelo. En el caso del fertilizante fosfórico no se fraccionó y se aplicó totalmente en el momento del trasplante en el fondo del surco.

El suministro hídrico a las plantas se realizó con riego por microaspersión y se ejecutó al igual que las labores agrotécnicas, el control de plagas y enfermedades, según lo descrito en la Guía técnica para la producción del cultivo de pimiento (MINAG, 2009).

Metodologías utilizadas en las diferentes determinaciones y evaluaciones

Análisis de suelo. Las técnicas analíticas para las determinaciones de las características agroquímicas del suelo aparecen descritas en el pie de la Tabla 1.

Análisis de esporas. Las esporas fueron contadas con el uso del microscopio estereó (Carl Zeiss, Stemi 2000-C/50x) y se expresaron en esporas 50 g⁻¹ de suelo.

Porcentajes de colonización micorrízica total. Se determinó en la floración en cada muestra a partir de 200 mg de raíces, las cuales fueron secadas en estufa controlada termostáticamente, con ventilación forzada a 70 °C hasta masa constante. Las raíces fueron teñidas según la

metodología descrita por Rodríguez *et al.* (2015). La evaluación se realizó en microscopio estéreo (Carl Zeiss, Stemi 2000-C/50x). Para la cuantificación se utilizó el método de los interceptos de Giovannetti y Mosse (1980).

Rendimiento agrícola del pimiento ($t\ ha^{-1}$). Se determinó por pesada de los frutos (kg) en cada una de las seis plantas de cálculo de cada microparcela y se expresó como rendimiento por microparcela y el acumulado total.

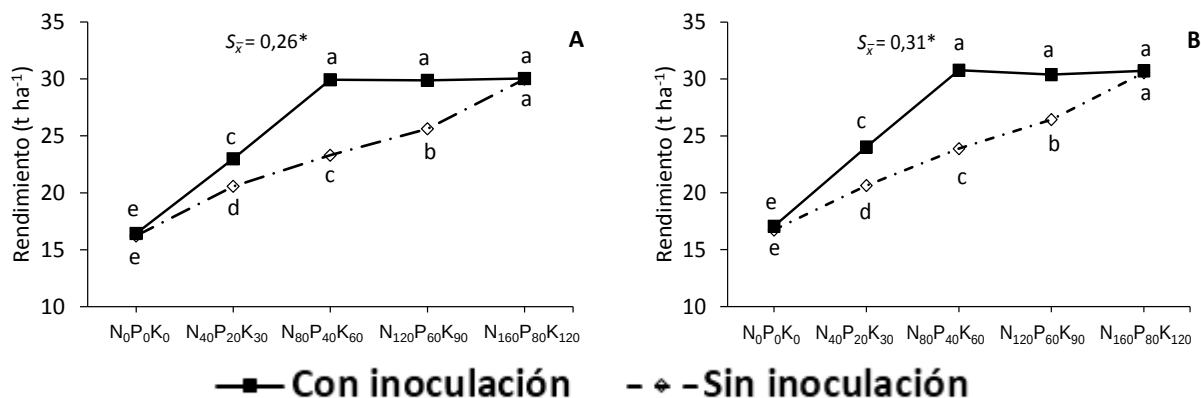
Análisis estadístico

Para el procesamiento estadístico se utilizó el paquete SPSS (2017). Todos los datos cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza y la información experimental obtenida se procesó como un diseño Completamente Aleatorizado con arreglo factorial 5×2 , con cinco dosis de NPK ($N_0P_0K_0$, $N_{40}P_{20}K_{30}$, $N_{80}P_{40}K_{60}$, $N_{120}P_{60}K_{90}$ y $N_{160}P_{80}K_{120}$ $kg\ ha^{-1}$ de N, P_2O_5 y K_2O) y dos niveles de inoculación (con y sin). Las medias se compararon por la Prueba de Tukey ($p \leq 0,05$). El número de repeticiones (n) fue seis por tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis factorial para todas las variables evaluadas, mostró que existió interacción significativa entre los factores inoculación micorrízica y dosis de fertilización mineral.

Se encontró una respuesta positiva y creciente en el rendimiento a la aplicación de las diferentes dosis de fertilización mineral (Figura 1 A; B), con diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre cada uno de los niveles de fertilización estudiados. Se obtuvieron los rendimientos mayores con la dosis recomendada ($N_{160}P_{80}K_{120}$) por la Guía técnica para la producción del cultivo de pimiento (MINAG, 2009) para obtener rendimientos altos.



Letras diferentes expresan diferencias significativas ($p \leq 0,05$) de acuerdo con Prueba de Tukey.

Figura 1. Efecto de la inoculación con la cepa de *R. intraradices*/INCAM-11 combinada con la fertilización mineral (NPK) en el rendimiento del cv. 'California Wonder' en suelo Pardo mullido carbonatado. A = campaña 2014-2015; B = campaña 2015-2016.

Leyenda: $N_0P_0K_0$ = control absoluto; $N_{40}P_{20}K_{30}$ = 40, 20 y 30 $kg\ ha^{-1}$ de N, P_2O_5 y K_2O ; $N_{80}P_{40}K_{60}$ = 80, 40 y 60 $kg\ ha^{-1}$ de N, P_2O_5 y K_2O ; $N_{120}P_{60}K_{90}$ = 120, 60 y 90 $kg\ ha^{-1}$ de N, P_2O_5 y K_2O y $N_{160}P_{80}K_{120}$ = 160, 80 y 120 $kg\ ha^{-1}$ de N, P_2O_5 y K_2O (MINAG, 2009).

En relación con la aplicación combinada de HMA con la fertilización mineral se encontró en el rendimiento, en las dos campañas (2014-2015 y 2015-2016), una interacción positiva y significativa de la inoculación con *R. irregular* (INCAM-11) y la dosis de $N_{80}P_{40}K_{60}$. Con este tratamiento se alcanzaron rendimientos superiores a los obtenidos solo con la aplicación de las dosis de $N_{80}P_{40}K_{60}$ y $N_{120}P_{60}K_{90}$ y similares a los logrados con la aplicación de la dosis máxima de estas fuentes $N_{160}P_{80}K_{120}$ y a la combinación de la inoculación micorrízica con la dosis $N_{120}P_{60}K_{90}$.

El tratamiento inoculado pero que no recibió ninguna aplicación de NPK, no presentó diferencias en el rendimiento en ninguno de las campañas, en comparación con el tratamiento control absoluto (sin inoculación y sin fertilización) y, asimismo, presentó rendimientos inferiores a los tratamientos en que se inoculó y complementó con las dosis $N_{40}P_{20}K_{30}$, $N_{80}P_{40}K_{60}$ y $N_{120}P_{60}K_{90}$, respectivamente.

La aplicación de las dosis superiores de fertilizantes minerales ($N_{160}P_{80}K_{120}$) de conjunto con la inoculación con HMA no presentó diferencias significativas en el rendimiento con relación al tratamiento homólogo no inoculado ($N_{160}P_{80}K_{120}$).

El carácter micotrófico del pimiento contribuyó a un mejor aprovechamiento de los beneficios de la simbiosis micorrízica arbuscular, entre los cuales, se encuentra la disminución de las cantidades de fertilizantes minerales y orgánicos a aplicar en los cultivos, reportados por varios autores (González, 2014; Ruiz *et al.*, 2016).

Otros autores (Rivera *et al.*, 2007; Russo y Perquins, 2010) aseguraron que el efecto beneficioso en el crecimiento y productividad de los cultivos está asociado en lo fundamental a una mayor absorción de los nutrimentos y el agua por las plantas micorrizadas eficientemente.

Por otra parte, Rivera *et al.* (2007) afirmaron que la micorrización con especies eficiente conllevó una disminución de las dosis de fertilizantes, pero se evidenció la necesidad de un suministro óptimo de nutrimentos para garantizar rendimientos altos en plantas micorrizadas con especies de HMA de alta efectividad, y este suministro será menor que las dosis de fertilizantes del cultivo no inoculado, tanto en presencia de fertilizantes minerales como orgánicos.

Los resultados de este trabajo coincidieron con los obtenidos por otros autores en diferentes cultivos con equilibrios nutrimentales diversos, como *Ipomoea batatas* (Espinosa *et al.*, 2015), pastos del género *Brachiaria* (González, 2014) y *Musa* spp. (Ruiz *et al.*, 2016), aunque dependientes las disminuciones específicas obtenidas, de cada cultivo y tipo de suelo.

Con relación a los indicadores del funcionamiento fúngico, los tratamientos inoculados que recibieron las dosis de $N_{80}P_{40}K_{60}$ y $N_{120}P_{60}K_{90}$ alcanzaron los porcentajes de colonización micorrízica mayores, los cuales fueron del orden del 57 y 58 % durante las dos campañas, respectivamente (Tabla 3).

El tratamiento inoculado que no recibió adiciones de $N_0P_0K_0$ presentó valores significativamente menores ($p \leq 0,05$) de colonización micorrízica que los inoculados y que recibieron las diferentes dosis de NPK, aunque superiores a los tratamientos no inoculados y que recibieron fertilización mineral.

Se encontró de forma similar, una respuesta diferenciada de los tratamientos en la producción de esporas (Tabla 3) con resultados similares a los descritos para el

porcentaje de colonización micorrízica, con la excepción de que el tratamiento inoculado que recibió la dosis superior de fertilizantes ($N_{160}P_{80}K_{120}$) presentó cantidades de esporas significativamente menores a los inoculados que recibieron las diferentes dosis de NPK.

Tabla 3. Efecto de la inoculación con la cepa *R. intraradices*/INCAM-11 combinada con la fertilización mineral (NPK) en el porcentaje de colonización micorrízica en cv. 'California Wonder' en suelo Pardo mullido carbonatado.

Dosis NPK (kg ha ⁻¹)	Colonización (%)			
	2014-2015		2015-2016	
	Con HMA	Sin HMA	Con HMA	Sin HMA
$N_0P_0K_0$	21,50 c	11,50 d	19,67 c	10,00 d
$N_{40}P_{20}K_{30}$	29,17 b	12,00 d	28,33 b	10,17 d
$N_{80}P_{40}K_{60}$	58,00 a	12,00 d	58,83 a	10,00 d
$N_{120}P_{60}K_{90}$	57,67 a	12,17 d	58,50 a	9,83 d
$N_{160}P_{80}K_{120}$	11,67 d	12,50 d	10,50 d	9,83 d
$S_{\bar{x}}$	0,46*		0,35*	

Letras diferentes expresan diferencias significativas ($p \leq 0,05$) de acuerdo con Prueba de Tukey.

Leyenda: Con HMA = planta de pimiento inoculado con *R. intraradices*/INCAM-11 en trasplante; Sin HMA = sin inocular; $N_0P_0K_0$ = control absoluto; $N_{40}P_{20}K_{30}$ = 40, 20 y 30 kg ha⁻¹ de N, P_2O_5 y K_2O ; $N_{80}P_{40}K_{60}$ = 80, 40 y 60 kg ha⁻¹ de N, P_2O_5 y K_2O ; $N_{120}P_{60}K_{90}$ = 120, 60 y 90 kg ha⁻¹ de N, P_2O_5 y K_2O y $N_{160}P_{80}K_{120}$ = 160, 80 y 120 kg ha⁻¹ de N, P_2O_5 y K_2O (MINAG, 2009).

Tabla 4. Efecto de la inoculación con la cepa *R. intraradices*/INCAM-11 combinada con la fertilización mineral (NPK) en el número de esporas de HMA en 0-0,20 m de profundidad en cv. 'California Wonder' en suelo Pardo mullido carbonatado.

Dosis NPK (kg ha ⁻¹)	Número de esporas totales (esporas 50 g ⁻¹ de suelo)			
	2014-2015		2015-2016	
	Con HMA	Sin HMA	Con HMA	Sin HMA
$N_0P_0K_0$	86,17 c	43,67 d	84,67 c	35,67 e
$N_{40}P_{20}K_{30}$	122,83 b	62,33 cd	123,33 b	65,00 cd
$N_{80}P_{40}K_{60}$	203,00 a	66,00 cd	194,17 a	67,00 cd
$N_{120}P_{60}K_{90}$	215,83 a	65,33 cd	183,17 a	72,50 cd
$N_{160}P_{80}K_{120}$	62,17 cd	63,33 cd	55,17 de	51,33 de
$S_{\bar{x}}$	5,24*		5,00*	

Letras diferentes expresan diferencias significativas ($p \leq 0,05$) de acuerdo con Prueba de Tukey.

Leyenda: Con HMA = planta de pimiento inoculado con *R. intraradices*/INCAM-11 en trasplante; Sin HMA = sin inocular; $N_0P_0K_0$ = control absoluto; $N_{40}P_{20}K_{30}$ = 40, 20 y 30 kg ha⁻¹ de N, P_2O_5 y K_2O ; $N_{80}P_{40}K_{60}$ = 80, 40 y 60 kg ha⁻¹ de N, P_2O_5 y K_2O ; $N_{120}P_{60}K_{90}$ = 120, 60 y 90 kg ha⁻¹ de N, P_2O_5 y K_2O y $N_{160}P_{80}K_{120}$ = 160, 80 y 120 kg ha⁻¹ de N, P_2O_5 y K_2O (MINAG, 2009).

Asimismo, los diferentes tratamientos no inoculados en presencia o no de cantidades de NPK, presentaron valores inferiores en los porcentajes de colonización micorrízica y de producción de esporas, en relación con los tratamientos inoculados y que recibieron

fertilizantes minerales. Esta respuesta indicó que el nivel de funcionamiento de las cepas de HMA residentes fue bajo, y debió estar relacionado con las cantidades bajas de esporas de HMA iniciales e indicó la necesidad de inocular en estas condiciones para obtener los beneficios de la simbiosis micorrízica arbuscular.

Por otra parte, señalar que en cuanto al número inicial de esporas de HMA residentes en el suelo (Tabla 1), si bien fueron bajas, se corresponden con los valores obtenidos anteriormente por Ruiz *et al.* (2016) y Espinosa *et al.* (2015) en este tipo de suelo y en esta misma localidad y posiblemente asociado al historial de manejo y cultivos de estos. No obstante, según González, 2014 para que haya respuesta positiva a la inoculación con *R. intraradices* (INCAM-11) no son necesarias cantidades tan bajas de esporas residentes en este tipo de suelo, ya que se ha encontrado una micorrización efectiva, incluso en presencia de 400 esporas 50 g^{-1} de suelo.

Si bien, tanto el porcentaje de colonización micorrízico como la producción de esporas presentaron los valores mayores en los tratamientos inoculados que recibieron $\text{N}_{80}\text{P}_{40}\text{K}_{60}$ y $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ y en correspondencia con los rendimientos mayores, indicativos de un funcionamiento micorrízico óptimo, la inoculación en presencia de las dosis mayores $\text{N}_{160}\text{P}_{80}\text{K}_{120}$ originó un comportamiento inferior en lo que respecta al funcionamiento micorrízico.

En el tratamiento inoculado + $\text{N}_{160}\text{P}_{80}\text{K}_{120}$ tanto los porcentajes de colonización micorrízica como las cantidades de esporas parecieron reflejar las variaciones en el funcionamiento micorrízico, teniendo en cuenta que un suministro alto de nutrimentos, generalmente, no son favorables para un funcionamiento fúngico óptimo (Rivera *et al.*, 2007; González, 2014).

El efecto positivo de la inoculación con la cepa INCAM-11 de la especie *R. intraradices* en los tratamientos donde se aplicaron cantidades menores de fertilizantes ($\text{N}_{80}\text{P}_{40}\text{K}_{60}$ y $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$) es explicable por el establecimiento de una simbiosis micorrízica arbuscular efectiva en condiciones de aplicaciones subóptimas de nutrimentos (Siqueira y Franco, 1988) y sus efectos beneficiosos en la absorción de los nutrimentos (Russo y Perkins, 2010; Yang *et al.*, 2014) y por ende en la producción del cultivo.

En efecto, los valores altos de los porcentajes de colonización micorrízica (aproximadamente 60 %) obtenidos en los tratamientos que recibieron menores cantidades de NPK, han sido considerados propios de una micorrización efectiva en *Canavalia ensiformis* y *Zea mais* (Martín *et al.*, 2012) y otros cultivos (González, 2014; Ruiz *et al.*, 2016) que en unión de los valores altos de esporas obtenidos evidenciaron la efectividad de la cepa INCAM-11 de *R. intraradices* para el pimiento, en estas condiciones edáficas.

Con independencia de que no se realizó una identificación de las esporas reproducidas en el pimiento inoculado, presumiblemente deben corresponder a la cepa inoculada y en cualquiera de los casos, fue una consecuencia de la inoculación con una cepa generalista (Rivera *et al.*, 2015), en este caso *R. intraradices* (INCAM-11).

CONCLUSIONES

El pimiento responde a la aplicación combinada del inoculante micorrízico con cantidades menores de fertilizantes minerales, se destaca la combinación $\text{N}_{80}\text{P}_{40}\text{K}_{60}$ + HMA, la cual garantiza rendimientos altos y un funcionamiento micorrízico óptimo con

disminución del 50 % de las dosis de fertilizantes minerales recomendadas para la condición edáfica estudiada.

BIBLIOGRAFÍA

- ARTEAGA, M.; N. GARCÉS; F. GURIDI; J. PINO; J. MENÉNDEZ y O. CARTAYA. 2006. Evaluación de las aplicaciones foliares de humus líquido en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) var. Amalia en condiciones de producción. *Cultivos Tropicales*, 27(3):95-101.
- ESPINOSA, A.; L. RUIZ; R. RIVERA y E. ESPINOSA. 2015. Efecto del Nitrógeno y hongos micorrízicos arbusculares en dos clones comerciales de boniato sobre un suelo Pardo mullido carbonatado. *Centro Agrícola*, 42(2):39-46.
- GIOVANNETTI, M. and B. MOSSE. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84(3):489-500. ISSN 1469-8137. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x.
- GONZÁLEZ, P.J. 2014. Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica arbuscular, vía inoculación y la fertilización mineral en pastos del género *Brachiaria*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba. 100 p.
- SPSS STATISTICAL, [WINDOWS]. 2017. Editorial IBM Corporation, U. S. Consultado el 05 abril de 2018. Disponible en: <http://www.ibm.com>.
- INSMET. Instituto de Meteorología. 2016. Hojas de asentamiento de las variables meteorológicas diarias. Estación meteorológica No. 326, Santo Domingo, Villa Clara, Cuba. 4 p.
- HERNÁNDEZ, A.; J. PÉREZ; D. BOSCH y N. CASTRO. 2015. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba. 93 p. ISBN 978-959-7023-77-7.
- MARTÍN, G.; R. RIVERA; A. PÉREZ y L. ARIAS. 2012. Respuesta de la *Canavalia ensiformis* a la inoculación micorrízica con *Glomus cubense* (Cepa INCAM-4), su efecto de permanencia en el cultivo del maíz. *Cultivos Tropicales*, 33(2):20-28.
- MINAG. Ministerio de la Agricultura. 2009. Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova. Biblioteca Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. Primera edición, septiembre 2009. La Habana, Cuba. 11 p.
- MINAG. Ministerio de la Agricultura. 2017. Lista Oficial de Variedades Comerciales 2017. GOC-2017-406-018. Resolución No. 169/2017. Consultado el 05 abril de 2017. Disponible en: www.gacetaoficial.cu.
- ONEI. Oficina Nacional de Estadística e Información. 2019. República de Cuba. *Anuario Estadístico de Cuba 2018*. Agricultura, Ganadería y Silvicultura. Edición 2019. Consultado el 09 de diciembre de 2019. Disponible en: www.onei.cu.
- PÉREZ, A.; J. LÓPEZ; E. DUÑEZ; F. AMOR and A. CARBONELL. 2007. Effects of agricultural practices on color, carotenoids composition and minerals contents of sweet peppers, cv. Almuden. *J. Agric. Food Chem.* 55:8158-8164.
- RIVERA, R.; F. FERNÁNDEZ; K. FERNÁNDEZ; L. RUIZ; C. SÁNCHEZ and M. RIERA. 2007. Advances in the management of effective arbuscular mycorrhizal symbiosis in tropical ecosystem. In: Hamel, C. and Plenchette (eds). *C. Mycorrhizae in Crop Production*. Haworth Press, Binghamton, New York, p. 151-196. ISBN 978-1-56022-306-1. DOI: 10.13140/RG.2.1.1771.2162.

- RIVERA, R.; P. GONZÁLEZ; A. HERNÁNDEZ; G. MARTÍN; L. RUIZ; K. FERNÁNDEZ; J. SIMÓ; M. GARCÍA; A. PÉREZ; M. RIERA; C. BUSTAMANTE; J. JOAO y M. RUIZ. 2015. La importancia del ambiente edáfico y del pH sobre la efectividad y la recomendación de cepas eficientes de HMA para la inoculación de los cultivos. En: *VIII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo*. (2 al 5 de junio de 2015). [CD-ROM] Memorias. La Habana, Cuba. ISBN 978-959-296-039-8.
- RODRÍGUEZ, Y.; L. ARIAS; A. MEDINA; Y. MUJICA; L. MEDINA; K. FERNÁNDEZ y A. MENA. 2015. Alternativa de la técnica de tinción para determinar la colonización micorrízica. *Cultivos Tropicales*, 36(2):18-21.
- RUIZ, L.; D. ARMARIO; R. RIVERA; A. ESPINOSA; J. SIMÓ y E. ESPINOSA. 2016. Efecto de dosis de nitrógeno, fósforo y potasio combinadas con micorrizas en el cultivo del banano. *Agricultura Tropical*, 2(1):1-8.
- RUSCITTI M. 2016. La micorrización modifica la respuesta de las plantas de pimiento en presencia de cobre en el suelo. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Nacional de La Plata, Argentina. 193 p.
- RUSSO, V. M. and V. P. PERKINS. 2010. Yield and nutrient content of bell pepper pods from plants developed from seedlings inoculated, or not, with microorganisms. *HortSci.*, 45:352-358.
- SIEVERDING, E.; S. ALVES; R. BERNDT and F. OEHL. 2014. *Rhizoglomus*, a new genus of the *Glomeraceae*. *Mycotaxon*, 129(2):373 -386.
- YANG, W. C.; A. ELLOUZE; A. NAVARRO-BORRELL; T. ESMAEILI; M. KLABI; Z. DAI and C. HAMEL. 2014. Management of the Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. Sustainable Crop Production. In: Solaiman Z. M. (ed.). *Mycorrhizal Fungi: Use in Sustainable Agriculture and Land Restoration*. © Springer-Verlag Berlin Heidelberg. p. 89-118. DOI: 10.1007/978-3-662-45370-4-7.