

EVALUACIÓN AGROBIOLÓGICA DE LA COINOCULACIÓN MICORRIZAS-RIZOBACTERIAS EN TOMATE

*Elein Terry Alfonso^{1/}, Angel Leyva Galán**

Palabras clave: micorrizas, rizobacterias, coinoculación, tomate, crecimiento, rendimiento.

Keywords: mycorrhizas, rhizobacterias, coinoculation, tomato, growth, yield.

Recibido: 11/05/05

Aceptado: 20/09/05

RESUMEN

Se evaluó la efectividad de la coinoculación micorrizas-rizobacterias en el crecimiento, desarrollo, rendimiento y colonización del tomate. Los experimentos se llevaron a cabo en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba, en un suelo Ferralítico Rojo lixiviado (Udic Rhodustalfs); los tratamientos consistieron en inoculación y/o coinoculación de la micorriza y la rizobacteria, bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada. Los resultados mostraron un efecto positivo de la coinoculación en el crecimiento de las plántulas, siendo la altura superior en un 23%; también se logró una eficiencia del 40% respecto a la fertilización nitrogenada, lo cual no afectó el estado nutricional de las plantas ni el rendimiento agrícola. La coinoculación potenció además la población de ambos microorganismos en la rizosfera del cultivo.

ABSTRACT

Agrobiological evaluation of coinoculation micorrhiza-rhizobacteria in tomato. The effectiveness of the micorrhiza-rhizobacteria coinoculation on growth, development, yield, and colonization in tomato was evaluated. The experiments were conducted at the National Institute of Agricultural Sciences, Cuba, on a lixiviated Red Ferralitic soil (Udic Rhodustalfs); treatments consisted in inoculation and/or coinoculation with micorrhiza and rhizobacteria, under different nitrogen fertilization dosages. Results showed a positive effect of coinoculation, as seedlings were 23% taller; on the other hand, an efficiency of 40% of the nitrogen fertilization was observed, which did not affect the nutritional condition of the plants nor the agricultural yield. The coinoculation stimulated also the population of both microorganisms at the rhizosphere of the crop.

INTRODUCCIÓN

La interacción entre los componentes de una comunidad microbiana puede manifestarse de diferentes modos, al respecto, hace algunos años se están haciendo intentos aislados para evaluar los sinergismos entre algunas asociaciones de microorganismos del suelo. La interacción entre Rizobacterias Promotoras del Crecimiento

Vegetal (RPCV) y Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA), puede ser selectiva y dependiente de la bacteria y el hongo implicado (Azcón 2000).

En la literatura sobre esta temática se recogen criterios acerca de las relaciones entre los hongos HMA y algunas rizobacterias específicas; la relación espacial entre las hifas de las HMA en el suelo y estas bacterias no ha sido bien establecida, aunque es conocido que los agregados del suelo,

1/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: terry@inca.edu.cu

* Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). Carretera de Tapaste, km 31/2, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

formados alrededor de la hifa de las MA, presentan una elevada actividad microbiana. Esto sugiere que algunos de los beneficios sobre el crecimiento de las plantas, atribuidos a los hongos MA, realmente provienen de la combinación con las bacterias asociativas (Miller y Jastrow 2000).

Algunas especies de bacterias como *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Clostridium*, *Burkholderias*, y *Azospirillum*; han sido estudiadas en su interacción con micorrizas arbusculares (HMA). *Azospirillum* sp en combinación con hongos HMA, produce un incremento significativo en el crecimiento de algunos cultivos, específicamente en cereales, pero el mecanismo responsable es controversial. Algunas veces los incrementos ocurren sin la evidencia de incrementos en la fijación de N o aumentos del contenido de N en las plantas y más bien puede estar relacionado con la producción de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal (Blanco y Salas 1997).

Para la agricultura actual reviste gran importancia la preparación de biopreparados conjuntos, de hongos-rizobacterias, que tengan una acción eficaz sobre las plantas y el agroecosistema, siendo además un mecanismo más viable desde el punto de vista económico.

Tomando en cuenta estos antecedentes, el presente trabajo tuvo como objetivo estudiar la efectividad agrobiológica de la coinoculación micorrizas-rizobacterias sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del tomate, como sustitutos parciales de la fertilización mineral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se desarrollaron en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), en la provincia de La Habana, San José de las Lajas en los años 2002 y 2003. La variedad de tomate empleada fue "Amalia", procedente del Programa de Mejoramiento Genético del INCA.

Inicialmente, las semillas fueron inoculadas con los bioproductos AzoFert® a base de la RPCV *Azospirillum brasilense* cepa Sp-7 (10^8 ufc g^{-1} de soporte), y EcoMic® (20 esporas g^{-1}) a base de la micorriza *Glomus clarum*, el recubrimiento

de las semillas se realizó según Gómez *et al.* (1996). En la fase de semillero se contó con una superficie de 2 m² por tratamiento. En esta etapa se utilizó un diseño completamente aleatorizado.

En la fase de campo los ensayos fueron realizados en un suelo Ferralítico Rojo lixiviado (Udic Rhodustalfs), en una superficie de 25 m², las plantas fueron trasplantadas a una distancia de 1,40x0,30 m. Las prácticas culturales se realizaron según el MINAGRI (1990). La fuente de N empleada en los tratamientos fue la urea. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones.

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

1. Testigo absoluto (sin inocular y sin fertilizar en semillero y campo)
2. *A. brasilense* + 30 kg N ha⁻¹(semillero) + 60 kg N ha⁻¹ (campo)
3. *G. clarum* + 30 kg N ha⁻¹(semillero) + 60 kg N ha⁻¹ (campo)
4. *A. brasilense* + *G. clarum* + 30 kg N ha⁻¹ (semillero) + 30 kg N ha⁻¹(campo)
5. *A. brasilense* + *G. clarum* + 30 kg N ha⁻¹ (semillero) + 60 kg N ha⁻¹(campo)
6. *A. brasilense* + *G. clarum* + 30 kg N ha⁻¹ (semillero) + 90 kg N ha⁻¹(campo)
7. Testigo de producción. 30 kg N ha⁻¹ (semillero) + 120 kg N ha⁻¹(campo)

La altura de las plantas fue evaluada durante los 51 días posteriores a la germinación. En la fase de floración del cultivo, se escogió un total de 10 plantas por tratamientos para las evaluaciones del contenido de NPK foliares (INCA 1999). A un número similar de plantas a los 17, 24 y 31 días después de la germinación, se les evaluó el contenido de proteínas foliar (mg g^{-1} masa fresca), según Bradford (1976).

La colonización bacteriana (ufc g^{-1}) y micorrízica (%) fue evaluada a los 30 días después del trasplante, según la metodología de Bashan *et al.* (1996) y Fernández *et al.* (2000), respectivamente. Una vez finalizado el ciclo biológico del cultivo, se determinó el rendimiento e individualmente los componentes de rendimiento:

flores por planta; frutos por planta; porcentaje de fructificación; y peso promedio por fruto. Para la microbiota total (datos transformados a $\log_{10} \text{ UFC g}^{-1}$) y la evaluación de crecimiento de las plántulas, se realizó un análisis de varianza de clasificación simple, y de clasificación doble para las evaluaciones del rendimiento y sus componentes, para las diferencias entre los tratamientos se utilizó la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan. En todos los casos se utilizó el Sistema Statistica versión 5.0, para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de la coinoculación *Glomus clarum* + *Azospirillum brasilense*

En la figura 1, se observa que 10 días después de la germinación, no hay diferencias estadísticas en la altura, entre los 4 tratamientos evaluados; sin embargo, a partir de los 17 días ya hay diferencias entre los tratamientos ($p < 0,001$),

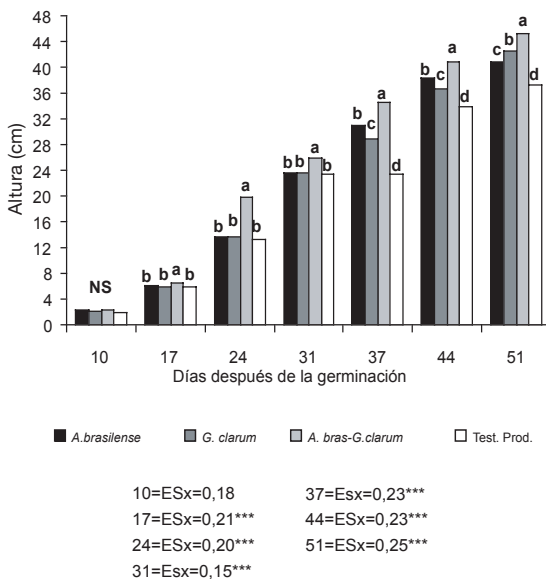


Fig.1. Efecto de los tratamientos sobre la altura de las plantas. Letras iguales no difieren significativamente, según la prueba de Duncan.

las plantas con *A. brasilense* y las coinoculadas mostraron las alturas mayores.

La altura de 15 cm, considerada la mínima requerida para el trasplante dentro de los parámetros de calidad (MINAGRI 1984), se obtiene a los 25-30 días después de la germinación. Sin embargo, dicha altura fue sobrepasada en los tratamientos con *A. brasilense* y coinoculación a los 24 días. Pero no ocurrió así con los tratamientos de inoculación con *G. clarum* y el testigo de producción. Se demuestra como la acción de los HMA a mediano plazo (después de los 37 días) y que el efecto de las RPCV es más rápido y evidente desde los 17 días.

A los 31 días después de la germinación, el tratamiento coinoculado supera en alrededor del 23% a las plantas que recibieron sólo la inoculación simple con cada microorganismo, demostrándose el sinergismo entre *G. clarum* - *A. brasilense*.

A los 51 días, las plantas con HMA presentaron mayor altura ($p < 0,05$) que las de inoculación simple con la RPCV. Las plantas coinoculadas mostraron una mayor altura desde los 17 días, diferenciándose estadísticamente de los tratamientos restantes, lo que demuestra la simbiosis entre ambos microorganismos.

Los incrementos que produjo la coinoculación con respecto a las inoculaciones individuales, en cada una de las variables de crecimiento que definen la calidad de las plántulas, a los 31 días posteriores a la germinación (Cuadro 1), demuestran que la inoculación mixta superó los efectos de las inoculaciones simples de *G. clarum* y *A. brasilense*, propiciándose los mayores incrementos en masa seca de las plántulas. El efecto individual de los microorganismos fue potenciado con la inoculación conjunta de ambos, funcionando exitosamente la trilogía simbiótica hongo-bacteria-planta. Por otra parte, la coinoculación con respecto a la inoculación con *A. brasilense* produjo los porcentajes más bajos en las variables evaluadas con respecto a *G. clarum*, lo que evidencia un efecto mayor de la rizobacteria en esta fase particular del crecimiento del cultivo.

Resultados similares obtuvieron Iglesias *et al.* (2000) utilizando Azotobacteriaceas y *Endogone* sp en trigo, quienes con esta combinación

Cuadro 1. Incrementos porcentuales de las variables de crecimiento de las plántulas coinoculadas con respecto a la inoculación simple, a los 31 días de la germinación.

Variables	Coinoculación vs. <i>A. brasilense</i> %	Coinoculación vs. <i>G. clarum</i> %
Altura (cm)	12	18
Diámetro del tallo (cm)	10	22-25
Longitud radical (cm)	13	24-29
Masa seca planta ⁻¹ (g)	18-26	71-76

obtuvieron una mayor altura y masa aérea y radicular de las plantas. También en el cultivo de la soya, lograron un buen crecimiento radical e incrementos en el número de nódulos a partir de la combinación de *Azospirillum* y *Bradyrhizobium*. En el caso específico del tomate, han sido realizados trabajos donde se ha combinado *Azotobacter* + *Pseudomonas* (Martínez *et al.* 2002) y *Azotobacter* + *G. fasciculatum* (Pulido 2002), con información comprobada que favorece su utilización.

Otro aspecto importante a tomar en consideración en la evaluación del crecimiento de las plántulas de tomate, y que se encuentra en estrecha relación con el nivel nutricional de las mismas, es el contenido de proteínas foliares presentes en las plantas, esto debido a que una de las funciones fundamentales de los microorganismos inoculados, es estimular el desarrollo radical de las plantas, lo que posibilita una mayor exploración del sistema radical para una mejor absorción de nutrimentos.

En la figura 2 se muestra el contenido de proteínas solubles totales en las hojas. A los 17 días después de la germinación, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, posiblemente debido a que aún no hay un efecto en la absorción de los nutrimentos; sin embargo, en la evaluación realizada a los 24 días posteriores a la germinación, comienzan a diferenciarse los tratamientos entre sí, siendo los contenidos de proteínas mayores en las plantas inoculadas con *A. brasilense* y las coinoculadas con *A. brasilense* + *G. clarum*. El menor contenido de proteínas encontrado en las plantas inoculadas sólo con *G. clarum*, es debido a que el efecto

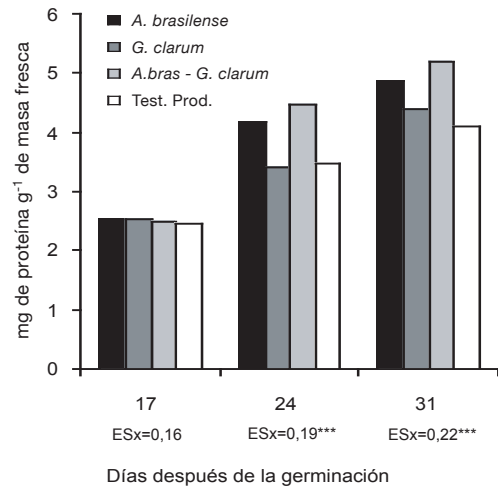


Fig. 2. Efecto de la coinoculación en el contenido de proteínas solubles totales.

positivo de *Glomus* respecto al testigo comienza después de los 37 días (Figura 1), por lo tanto en la coinoculación el efecto resultante es debido a *A. brasilense*. A los 31 días hubo un contenido mayor de proteínas en las hojas de las plantas que se encontraban coinoculadas, respecto a los restantes tratamientos (Figura 2).

La coinoculación potencia el contenido de proteínas solubles totales en las plantas a los 31 días, donde hay un efecto aditivo de la acción del hongo, esto debido al tiempo que le toma al hongo colonizar la raíz y producir suficiente micelio externo para que la planta reciba el beneficio (Dodd 1996). Un mayor contenido foliar de proteínas solubles totales en las plantas coinoculadas, les permite una actividad metabólica mayor efecto asociado a un mejor estado nutricional y a un contenido de N foliar mayor. Como resultado, se obtuvo plantas con mayor vigor, tal y como se muestra en las evaluaciones de crecimiento, donde cada una de las variables se vio favorecida con la inoculación de los microorganismos respecto al testigo.

Incrementos en el contenido de proteínas solubles totales en arroz, fueron obtenidos en aquellas plantas que se encontraban inoculadas con diferentes cepas de *Azospirillum* (Pazos 2000), estas plantas también mostraron mayor altura con respecto a los testigos.

En estudios realizados por Owen y Jones (2001), se ha comprobado que los microorganismos productores de fitohormonas, son capaces de alterar la síntesis de ARN y proteínas en plantas, como respuesta a la acción microbiológica, provocando alteraciones enzimáticas, directamente relacionados con el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Efectividad de la coinoculación *G. clarum* + *A. brasilense* en el estado nutricional de las plantas

El análisis del contenido foliar de NPK (Cuadro 2), arrojó diferencias significativas entre los tratamientos estudiados. No hay diferencias estadísticas entre los tratamientos coinoculados y los suplementados con 90 y 120 kg N ha⁻¹ (T5 y T6) y el testigo de producción (T7).

El tratamiento coinoculado y suplementado con 90 kg N ha⁻¹ (T5), permitió incrementar el contenido de N entre un 0,66-0,7%, el de P entre un 0,06-0,09% y el contenido de K en un 0,85-0,89% con respecto a las inoculaciones simples de *A. brasilense* y *G. clarum*. Esto genera una eficiencia equivalente al 40% del fertilizante nitrogenado con la inoculación mixta, lo que permite que las plantas tengan un balance nutricional adecuado para su desarrollo normal. Además, con este resultado además se evidencia la necesidad de un óptimo de nutrimentos en el suelo, que permita una absorción eficiente

de estos elementos para un balance nutricional adecuado.

A pesar de las diferencias existentes en cuanto a los contenidos foliares de cada nutrimento, puede plantearse que los valores de NPK obtenidos concuerdan con los publicados por Bennett (1996) para el cultivo del tomate en condiciones de campo abierto, quien estima rangos de 3-5% de N, 0,7-1,3% de P y 2,16-6,0% de K.

Los resultados de coinoculación se basan en el hecho de que la relación mutualista que se establece entre micorrizas y bacterias promotoras del crecimiento vegetal, ocurre de tal forma que por un lado las bacterias ponen a disposición de la planta el N atmosférico fijado y las micorrizas incrementan la absorción de otros elementos, entre los que se encuentra el P, muy importante para garantizar una adecuada fijación del N y el crecimiento de las plantas (Ojeda 1998, Rivera *et al.* 2003).

La coinoculación HMA-*Azospirillum* sp, es un ejemplo de interacción benéfica, ya que la colonización de las raíces por los hongos, estimula el flujo de carbohidratos desde el follaje hasta la raíz, estos carbohidratos pueden constituir fuentes de carbono para el crecimiento de la bacteria (Costacurta 1995).

Los resultados hasta aquí expuestos, constituyen un aporte al estudio de la relación simbiótica HMA-bacterias asociativas-hortalizas, como una vía para mantener un estado nutricional adecuado de las plantas (tomate) con menor aplicación de

Cuadro 2. Efecto de la coinoculación en el contenido de NPK foliar.

Tratamientos	N (%)		P(%)		K(%)	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003
1. Testigo Absoluto (sin fertilizar)	1,41 c	1,37 c	0,56 d	0,53 c	1,91 c	1,87 c
2. <i>A. brasilense</i> +120 kg N ha-1	4,07 b	4,10 b	0,87 c	0,87 b	4,38 b	4,42 b
3. <i>G. clarum</i> +120 kg N ha-1	4,11 b	4,13 b	0,89 bc	0,89 b	4,41 b	4,46 b
4. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 60 kg N ha-1	4,09 b	4,11 b	0,88 c	0,86 b	4,36 b	4,44 b
5. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kg N ha-1	4,77 a	4,81 a	0,95 ab	0,96 a	5,27 a	5,31 a
6. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> +120kg N ha-1	4,81 a	4,86 a	0,96 a	0,99 a	5,32 a	5,37 a
7. Testigo de Producción (150 kg N ha-1)	4,73 a	4,79 a	0,94 ab	0,95 a	5,21 a	5,29 a
ES \bar{x}	0,09***	0,07***	0,02***	0,02***	0,07***	0,09***

Medias con letras iguales no difieren significativamente según Duncan $p < 0,001$.

fertilizante mineral, siendo un mecanismo eficiente para el manejo de la nutrición del cultivo.

Efectividad de la coinoculación *G. clarum* + *A. brasilense* en el rendimiento

Al analizar el rendimiento y algunos de sus componentes, se encontró diferencias ($p < 0,001$) entre los tratamientos estudiados (Cuadro 3). Los rendimientos mayores se alcanzaron en aquellos tratamientos provenientes de plántulas coinoculadas y suplementadas con 90 ó 120 kg N ha⁻¹ (T5 y T6), sin diferencias estadísticas con el testigo de producción (T7). En dichos tratamientos se logró un número mayor de flores y frutos por planta, siendo también superior el porcentaje de fructificación, lo que conlleva a rendimientos mayores.

Este resultado, demuestra la eficiencia de la coinoculación *A. brasilense* + *G. clarum* como alternativa para la sustitución del fertilizante nitrogenado que se le aplica al cultivo, sin que haya detrimento alguno en el rendimiento, ya que aún con una disminución 60 kg N ha⁻¹ (T5), que representa el 40% del fertilizante aplicado, se logra un rendimiento similar al obtenido con la dosis óptima (T7), alrededor de 30 t ha⁻¹. La coinoculación potenció la acción individual de los microorganismos sobre el rendimiento agrícola, entre un 6-9% más de producción, resultado que se corrobora en el 2003 (Cuadro 3).

Resultados favorables a la coinoculación han sido obtenidos en diferentes cultivos por Soroa (2000) en gerbera, Iglesias *et al.* (2000) en trigo, y Pulido (2002) en cebolla. En el caso del tomate, para las variedades “Roma” y “HC 3880”, también se ha obtenido una respuesta positiva a la coinoculación, nuestros resultados constituyen los primeros para la variedad “Amalia”.

En general, se aprecia una efectividad de la coinoculación, pues los rendimientos fueron superiores con respecto a las inoculaciones simples de *A. brasilense* y *G. clarum*, evidenciándose en qué grado los microorganismos logran poner en función de las plantas sus diferentes mecanismos de acción, ejerciendo un efecto positivo en la producción del cultivo.

Efecto de la coinoculación *G. clarum* + *A. brasilense* en la colonización rizosférica

Los porcentajes mayores de colonización, tanto de *G. clarum* como de *A. brasilense*, se lograron con la coinoculación, indicativo de que no existió una relación antagonista entre ambos microorganismos, por el contrario, ambos son capaces de complementarse y ser más efectivos cuando se encuentran juntos en la rizosfera del cultivo (Figura 3).

Con este resultado, se corrobora la superioridad de la coinoculación con respecto a las inoculaciones simples, potenciándose estos efectos individuales al lograrse un efecto superior en la altura de las plantas así como en la población rizosférica.

Al respecto, Azcón y Barea (1996) plantean que la interacción entre RPCV y micorrizas puede ser selectiva y dependiente de la bacteria y el hongo implicado. Estos autores mencionan una estimulación notable del crecimiento de una población de *Pseudomonas fluorescens* en la superficie del micelio extra radical del hongo.

En este mismo sentido, Gianinazzi-Pearson (1982) determinó que las bacterias de vida libre como *Azotobacter* sp y *Azospirillum* sp, aumentaron su población en la rizosfera de la planta hospedera al estar micorrizadas las raíces. También Barea y Azcón-Aguilar (1982), en trabajos de inoculaciones conjuntas de microorganismos, encontraron que la infección micorrízica se incrementó con la presencia de *Azotobacter* sp. Por su parte, Cuervo y Rivas-Platero (1997), demostraron que la inoculación de *Pseudomonas fluorescens* en tomate, estimula la colonización micorrízica en la raíz e incrementa la producción del cultivo. Para las condiciones de Cuba, Hernández (2000) y Pulido (2002), trabajando en tomate, encontraron una mayor colonización rizosférica en los tratamientos coinoculados con micorrizas y rizobacterias, lo que permite corroborar los resultados de esta investigación, demostrando la compatibilidad entre HMA y RPCV.

Cuadro 3. Efecto de la coinoculación en el rendimiento y sus componentes.

Tratamientos	Flores planta-1 (N.º)			Frutos planta ⁻¹ (N.º)			Fructificación (%)			Masa promedio fruto ⁻¹ (g)			Rendimiento (t ha ⁻¹)		
	2002	2003	2003	2002	2003	2003	2002	2003	2003	2002	2003	2002	2003	2002	2003
1. Testigo Absoluto (sin fertilizar)	4,45 b	3,82 b	3,82 b	3,42 c	2,69 c	2,69 c	77	70	70	66,56 d	68,43 d	4,98 d	4,54 d	4,98 d	4,54 d
2. <i>A. brasilense</i> +120 kg N ha-1	16,83 a	16,90 a	16,90 a	13,80 b	13,82 b	13,82 b	82	82	82	90,40 a	89,80 a	29,32 b	29,59 b	29,32 b	29,59 b
3. <i>G. clarum</i> +120 kg N ha-1	17,33 a	16,87 a	16,87 a	13,74 b	13,77 b	13,77 b	79	82	82	91,55 a	89,78 a	29,18 b	29,57 b	29,18 b	29,57 b
4. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 60 kg N ha-1	17,37 a	17,64 a	17,64 a	13,80 b	13,91 ab	13,91 ab	79	79	79	83,54 c	84,80 c	27,05 c	27,93 c	27,05 c	27,93 c
5. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 90 kg N ha-1	17,45 a	17,57 a	17,57 a	15,41 a	15,59 a	15,59 a	88	89	89	87,64 b	86,74 b	31,26 a	32,70 a	31,26 a	32,70 a
6. <i>A. brasilense</i> + <i>G. clarum</i> + 120kg N ha-1	17,42 a	17,73 a	17,73 a	15,47 a	15,35 ab	15,35 ab	89	86	86	87,58 b	87,53 b	31,14 a	32,08 a	31,14 a	32,08 a
7. Testigo de producción. (150 kg N ha-1)	16,33 a	16,74 a	16,74 a	14,78 ab	14,16 ab	14,16 ab	90	84	84	86,79 b	87,55 b	31,11 a	31,92 a	31,11 a	31,92 a
ES \bar{x}	0,35***	0,36***	0,36***	0,41***	0,52***	0,52***	---	---	---	0,42***	0,40***	0,43***	0,42***	0,43***	0,42***

Medias con letras iguales no difieren significativamente según Duncan p<0,001.

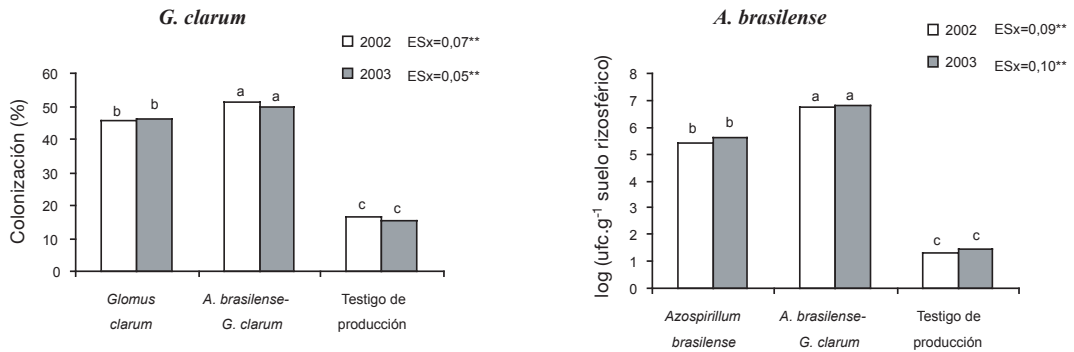


Fig. 3. Efecto de la coinoculación en la colonización rizosférica.

CONCLUSIONES

Las rizobacterias estimuladoras del crecimiento vegetal (RPCV) y los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), estimulan positivamente el crecimiento de las plantas, también contribuyen al estado nutricional de las mismas, generando incrementos en el rendimiento y en la eficiencia de la fertilización nitrogenada.

Aunque la inoculación simple presentó beneficios respecto a las plantas testigo, la coinoculación superó los beneficios individuales de ambos microorganismos. Los beneficios se presentaron desde la fase de semillero y se mantuvieron hasta la cosecha.

LITERATURA CITADA

- AZCÓN-AGUILAR C., BAREA J. 1996. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. *Scientia Horticulturae* 68:1-24.
- AZCÓN R. 2000. Papel de la simbiosis micorrízica y su interacción con otros microorganismos rizosféricos en el crecimiento vegetal y sostenibilidad agrícola. *In: Ecología, fisiología y biotecnología de la micorriza arbuscular*. Mundi-Prensa, Mexico. 15 p.
- BAREA J., AZCÓN-AGUILAR C. 1982. La rizosfera. Interacciones microbio-planta. *Anales de Edafología y Agrobiología* 41:1517-1532.
- BASHAN Y., HOLGUIN G., FERRERA-CERRATO R. 1996. Interacciones entre plantas y microorganismos benéficos. II. Bacterias asociativas de la rizosfera. *Terra* 14(2):195-209.
- BENNETT A. 1996. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. USA: American Phytopathological Society 202 p.
- BLANCO A., SALAS A. 1997. Micorrizas en la agricultura: contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 21(1):55-67.
- COSTACURTA A. 1995. Genetic studies on the auxin hypothesis in the *Azospirillum*/plant inoculation. *Dissertaciones de Agricultura* 275: 34-39.
- CUERVO J., RIVAS-PLATERO G. 1997. Biota rizosférica: un recurso para promover el crecimiento y la protección de las plantas. *Manejo integrado de plagas. Hoja técnica* 21:1-4.
- DODD J. A. 1996. Inter and intra-specific variations within the morphologically-similar arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus mosseae* and *Glomus coronatum*. *New Phytologist* 133:113-122.
- FERNÁNDEZ F., RIVERA F., DE LA NOVAL B., FERNÁNDEZ K. 2000. Producto inoculante micorrizógeno. Oficina nacional de propiedad industrial. No. 22641.
- GÓMEZ R., MEDINA N., RIVERA R., FERNÁNDEZ F. 1996. Principales resultados en la aplicación de biofertilizantes en cultivos de interés económico para Cuba utilizando la tecnología de recubrimiento de semillas. *In: Programa y*

- Resúmenes X Seminario Científico. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (11:1996). La Habana.
- GIANINAZZI-PEARSON T.P. 1982. Relation between the critical concentration of nitrogen, phosphorus, and potassium in 17 different vegetable crops and duration of growth. *J. Sci. Food. Agric.* 31(12):1343-1353.
- HERNÁNDEZ M. I. 2000. Las micorrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas como complemento de la nutrición mineral del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de Maestría. INCA, La Habana. 86 p.
- IGLESIAS M., GONZÁLEZ S., SUÁREZ T. 2000. Utilización de inoculante mixto en trigo. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Argentina. 34 p.
- INCA (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas). 1999. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. La Habana. 78 p.
- MARTÍNEZ R., DIBUT B. 2002. Biofertilización y producción agrícola sostenible. Retos y perspectivas. *In: XIII Congreso Científico del INCA. Programa y Resúmenes.* La Habana.
- MILLER R., JASTROW J. 2000. Mycorrhizal fungi influence soil structure. *In: Y. Kapulnick, Douds (eds). Arbuscular mycorrhizas: physiology and function.* Kluwer. 318 p.
- MINAGRI. 1984. Instructivo técnico para semillero de tomate. Folleto. 48 p.
- MINAGRI. 1990. Instructivo técnico para el cultivo del tomate. Folleto. 63 p.
- OJEDA L. 1998. Efectos de micorrizas vesículo arbusculares del género *Glomus* en la producción de leguminosas forrajeras promisorias de la cuenca pecuaria "El tablón". Trabajo de Diploma. Villa Clara. Cuba. 77 p.
- OWEN A., JONES D. 2001. Competition for ammonium acids between wheat roots and rhizosphere microorganisms and the role of ammonium acids in plant N acquisition. *Soil Biology and Biochemistry* 33(4-5):651-657.
- PAZOS M. 2000. Aislamiento e identificación de cepas nativas pertenecientes al género *Azospirillum* mediante técnicas moleculares. Tesis de Maestría. Universidad de Biología. La Habana. 87 p.
- PULIDO L. 2002. Hongos micorrízicos arbusculares y rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal: alternativas para la producción de posturas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) y cebolla (*Allium cepa* L). Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA, La Habana. 98 p.
- RIVERA R., FERNÁNDEZ F., FERNÁNDEZ K. 2003. El manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso: El Caribe 166 p.
- SOROA M. R. 2000. Producción alternativa de *Gerbera jamesonii* para una floricultura urbana. Tesis de Maestría. UNAH, La Habana. 85 p.

