

Biofertilizantes: una alternativa promisoriosa para incrementar la productividad y calidad en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) .

Elein Terry, María de los A. Pino y A. Leyva

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

E-mail: terry@inca.edu.cu

RESUMEN.

Los problemas económicos y ecológicos del mundo actual han revitalizado la idea del reciclaje eficiente de los desechos orgánicos de la Agricultura, así como el uso de productos biofertilizantes de manera que se reduzca al mínimo imprescindible el empleo de los fertilizantes minerales como vía de nutrición de las plantas. El presente trabajo se desarrolló en áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) en un suelo *Ferrasol éútrico* de Cuba, durante el período de Agosto-Noviembre del 2001 y 2002, con el objetivo de estudiar el efecto agrobiológico de dos biofertilizantes en el cultivo de tomate; los bioproductos a base de *Azospirillum brasilense* y *Glomus clarum* fueron combinados en inóculos simples y mixtos. Los resultados mostraron un efecto positivo de los microorganismos, sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento agrícola del cultivo, siendo la coinoculación la variante que mejores resultados brindara, reduciéndose 60 kg.ha⁻¹ del fertilizante nitrogenado y obteniéndose una infección efectiva del hongo así como una colonización positiva de la rizobacteria, con el consiguiente aumento del contenido de nutrientes en las plantas y la mejora bromatológica de los frutos; por otra parte, el sistema resultó ser eficientemente agronómico.

INTRODUCCIÓN.

Con casi tres millones de hectáreas cultivadas y un gran volumen de producción que ha superado ampliamente las 70 millones de toneladas en los últimos años, podemos

considerar al tomate, como el producto hortícola de mayor importancia económica a escala mundial (Nuez, 1995).

Por otra parte, los problemas económicos y ecológicos del mundo actual han revitalizado la idea del reciclaje eficiente de los desechos orgánicos de la Agricultura, así como el uso de los biofertilizantes de manera que se reduzca al mínimo imprescindible el uso de los fertilizantes minerales como vía de nutrición de las plantas. Desde la década del 40 se han venido utilizando bacterias aisladas de la rizosfera de diferentes cultivos como inoculantes microbianos; el trabajo se ha desarrollado de forma gradual y ascendente con los microorganismos de la rizosfera, comprobándose que en la biofertilización microbiana estos son capaces de influir positivamente sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Internacionalmente, son pocos los estudios realizados sobre el uso y manejo de biofertilizantes en el cultivo del tomate aplicados en condiciones de campo; en Cuba se cuenta con algunos trabajos bajo otras condiciones, por lo que, teniendo en cuenta los aspectos analizados, tuvimos en cuenta abordar en este trabajo, investigaciones que darán respuestas al tema tratado, constituyendo el objetivo fundamental del mismo, estudiar la efectividad agronómica de dos biofertilizantes en el cultivo del tomate.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se desarrolló en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) en La Habana, El suelo utilizado como sustrato fue Ferralítico Rojo compactado (Hernández et al, 1999), con una fertilidad de media a alta; mostrándose algunas de sus características químicas en la Tabla 1.

Tabla 1. Características químicas del suelo empleado.

FASES	PROF (cm)	K ⁺ (cmol.kg ⁻¹)	Ca ²⁺ (cmol.kg ⁻¹)	Mg ²⁺ (cmol.kg ⁻¹)	P. asim. (ppm)	M.O (%)	PH H ₂ O
Semillero	0-20	0.59	10.8	1.80	540	2.11	7.1
Campo	0-20	0.61	9.95	1.60	468	2.18	7.1

Se utilizó la variedad de tomate cubana INCA-17, caracterizada por un crecimiento determinado abierto, de ciclo corto de 90-100 días, y un rendimiento potencial de 30 t/ha. No se aplicaron fertilizantes fosfóricos y potásicos por encontrarse los contenidos de estos nutrientes en el suelo en niveles adecuados para el normal desarrollo del cultivo; la fuente nitrogenada empleada fue la urea.

Los biofertilizantes **AZOFERT** a base de *Azospirillum brasilense* sp7 y **ECOMIC** a base del hongo micorrizógeno *Glomus clarum* se aplicaron mediante la tecnología de recubrimiento de las semillas, a una dosis de 100 g/kg. de semilla contando el inóculo con una infección micorrízica del 80% (1500 esporas/100 g de suelo) y el inoculo bacteriano con una población de $1,3 \times 10^8$ ufc.g de suelo.

Los experimentos se desarrollaron durante la campaña temprana (Agosto-Noviembre) de 1999 y 2000, tomándose en cuenta un total de siete tratamientos donde se combinaron los biofertilizantes como inóculos simples y coinoculaciones, estudiándose el efecto sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo en estudio. La fase de semillero contó con un área de 2 m² por tratamiento y la fase de trasplante se trabajó en un área de cálculo de 35 m² por tratamiento, sembrado a una distancia de plantación de 1,40 x 0,30 m. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado en la fase de semillero así como un diseño de Bloques al azar para la fase de campo con 4 réplicas. El análisis estadístico realizado fue de clasificación simple y doble así como se aplicó la Dócima de Rangos Múltiples de Duncan, al existir diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Tratamientos en estudio:

1. Testigo absoluto
2. Inoculación con *Azospirillum brasilense* (Sp7), sin fertilización nitrogenada
3. Inoculación con *Glomus clarum*, sin fertilización nitrogenada
4. Inoculación con *Azospirillum brasilense* (Sp7), aplicación de 90 kg. N.ha⁻¹
5. Inoculación *Glomus clarum*, aplicación de 90 kg. N.ha⁻¹
6. Inoculación con *Azospirillum brasilense* (Sp7) + *Glomus clarum*, aplicación 90 kg N.ha⁻¹
7. Aplicación de 150 kg. N.ha⁻¹ (Testigo de Producción).

A los 10 y 20 días de la siembra, a una muestra de 10 plantas por tratamientos, se les evaluó el vigor correspondiente a la altura de las plantas (cm), longitud radical (cm) y la biomasa fresca y seca de las plantas (g). Se determinó la infección micorrízica así como la

densidad visual y peso del endófito, según la metodología descrita por Fernández (1997); igualmente se evaluó la población de nitro fijadores totales en un medio NFB, utilizándose la técnica de las diluciones para determinar el número más probable (NMP) según la tabla de Mc Cardy. A los 60 días de la siembra se realizaron muestreos foliares para evaluar los contenidos de N (método de Nessler), P (técnica de azul de molibdeno) y K (método de Maslova).

Una vez finalizado el ciclo biológico del cultivo, se procedió a determinar el rendimiento agrícola y sus componentes, correspondiente al número de racimos, número de flores y número de frutos por planta así como la masa promedio de los frutos (g).

Se tuvo en cuenta además la influencia de los tratamientos en la calidad interna de los frutos, determinándose el Brix (%), acidez(%) y materia seca (%), a través de métodos convencionales de laboratorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

- **Comportamiento de los microorganismos sobre el vigor de las posturas.**

En la Tabla 2, se aprecian los resultados obtenidos en cuanto al comportamiento de los microorganismos sobre el vigor de las plantas de tomate a los 10 y 20 días de germinadas las semillas. En todos los casos, se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos en los dos momentos de realizado el estudio, sólo no se detectaron diferencias en el parámetro de longitud del sistema radical a los 10 días de germinada las semillas, lo cuál pudo deberse a la no existencia aún del reconocimiento planta-microorganismos. De forma general, en todos los parámetros de vigor evaluados, se destacó el tratamiento 6 donde se realizó la coinoculación de ambos microorganismos (bacteria-hongo), alcanzando a los 20 días incrementos en todos los parámetros analizados.

Tabla 2. Influencia de los biofertilizantes en el vigor de las plantas.

Tratamientos	Altura (cm)	Longitud de raíces	Peso fresco de plantas	Peso seco de plantas
--------------	-------------	--------------------	------------------------	----------------------

			(cm)		(g)		(g)	
	10 días	20 días						
1	6.05 d	14.32 d	3.30	10.4 d	1.04 f	2.72 e	0.15 e	0.63 e
2	6.91 c	16.87 c	3.35	10.2 d	1.18 e	2.18 e	0.17 e	0.65 e
3	7.11 c	17.02 c	4.50	10.8 d	1.35 d	3.19 d	0.23 d	0.72 d
4	9.05 b	18.53 b	3.55	13.6 b	1.54 b	5.67 b	0.34 b	0.91 b
5	8.07 b	18.22 b	4.05	13.1 b	1.43 c	4.22 c	0.27 c	0.84 c
6	9.72 a	20.52 a	3.65	15.7 a	2.65 a	6.42 a	0.39 a	1.02 a
7	9.07 b	19.03 b	3.85	13.2 b	2.03 b	6.05 b	0.33 b	0.93 b
ESx	0.90***	0.85***	N.S	0.80***	0.58***	0.62***	0.08***	0.07***

Medias con letras comunes no difieren significativamente para $p < 0.001$

Considerando que las raíces de esta dicotiledónea inoculadas con *Azospirillum sp* así como con un hongo micorrizógeno arbuscular *Glomus clarum* y que ambos endófitos ocupan la misma área cortical; entonces se presentarán interacciones directas entre los tres simbioses, lo que podría resultar en un aumento del crecimiento de las plántulas especialmente en sus primeros estadíos, siempre que sea adecuada la concentración de los microorganismos en el sistema radical de las plantas.

- Presencia de los microorganismos en las raíces de los cultivos.

Al realizar el muestreo para conocer el porcentaje de infección de las raíces por el hongo así como evaluar la densidad visual y el peso del endófito (Tabla 3), se encontró un porcentaje de infección positiva de la micorriza en el sistema radical del tomate, La colonización micorrízica se vio incrementada con la coinoculación más la fertilización nitrogenada, dado que el peso del endófito fue superior en este tratamiento, lo que indica un nivel de ocupación fúngica superior en el interior radical, explicándose así el micotrofismo de las plantas de tomate.

Tabla 3. Comportamiento de la colonización por MVA en las raíces de tomate.

Tratamientos	% de infección	Densidad Visual (%)	Peso del endófito
--------------	----------------	---------------------	-------------------

			(mg)
2	25	1.37	1.08
3	33	2.02	1.15
5	40	3.54	3.21
6	52	5.13	8.42

De igual forma, la población eficiente de las células de *Azospirillum sp* después de la inoculación, es esencial para obtener una respuesta de las plantas a la presencia de esta bacteria; así en la Tabla 4, se muestra el comportamiento de las poblaciones totales de *Azospirillum sp* asociada a la zona rizosférica de plantas de tomate a los 30 días de germinada. Se obtuvo un nivel de población que oscila entre $10^4 - 10^6$ ufc/g de suelo, obteniéndose la mayor concentración en el tratamiento 6 donde se realizó la inoculación mixta *Glomus clarum - Azospirillum brasilense sp 7*, poniéndose de manifiesto la relación simbiótica entre ambos microorganismos.

Tabla 4. Población de *Azospirillum sp* presente en la rizosfera del cultivo.

Tratamientos	Colonización (ufc/g)
2. <i>Azospirillum brasiliense</i> Sp-7	$0,6 \times 10^4$
4. <i>Azospirillum brasilense</i> Sp-7 + 30 kg N.ha ⁻¹	$1,1 \times 10^6$
6. <i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Glomus clarum</i> + 30 kg N.ha ⁻¹	$1,4 \times 10^6$
7. Testigo de Producción	$0,3 \times 10^4$

- **Influencia de los biofertilizantes en el contenido de N, P y K foliar.**

La Tabla 5 muestra los contenidos foliares de nitrógeno, fósforo y potasio presentes en las hojas de las plantas inoculadas con respecto a las no inoculadas. No existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos, en cambio sí se aprecia un ligero incremento de estos macronutrientes en aquellas plantas que fueron biofertilizadas, siendo más evidente en aquellas que recibieron la inoculación mixta hongo MVA – rizobacteria.

Tabla 5. Contenidos de NPK foliares.

Tratamientos	N (%)	P (%)	K(%)
1. Testigo Absoluto	2.10	0.31	1.10

4. Azospirillum brasilense sp-7 + 90 kg N.ha ⁻¹	2.50	0.40	1.72
5. Glomus clarum + 90 kg N.ha ⁻¹	2.57	0.43	1.92
6. Azospirillum brasilense + Glomus clarum + 90 kg N.ha ⁻¹	3.35	0.47	1.95
7. Testigo de Producción (150 kg N.ha ⁻¹)	2.44	0.38	1.60
ESx	N.S	N.S	N.S

- **Evaluación del rendimiento agrícola y sus componentes.**

En la Tabla 6 se muestran los resultados correspondientes al rendimiento agrícola (t.ha⁻¹) y sus componentes; correspondiéndose la mejor respuesta con el Tratamiento 6 el cuál difiere estadísticamente de los restantes evaluados y que permitió incrementar el rendimiento en 10.57% (2.45 t.ha⁻¹) con el consiguiente ahorro de 60 kg.ha⁻¹ de fertilizante nitrogenado, en estrecha relación con el resultado obtenido durante la fase de semillero por lo que se aprecia que ambos microorganismos actúan sinérgicamente cuando se añaden de forma simultánea, resultado que concuerda con Thomson, Manian y Udaiyan (1995) al trabajar la combinación rizobacterias - MVA en el cultivo del tomate.

Tabla 6. Rendimiento agrícola y sus componentes.

Tratamientos	Rendimiento (t/ha)	# Racimos /planta	# Flores / planta	# Frutos / planta	Masa (g) Frutos
1	13.32 e	1.79 e	9.30 d	5.12 d	51.44 c
2	13.44 e	1.25 e	9.25 d	5.16 d	53.15 c
3	18.15 d	2.40 d	11.80 c	7.38 c	68.98 b
4	23.44 b	4.17 b	13.52 b	9.23 b	75.20 a
5	20.24 c	4.12 b	13.25 b	9.06 b	75.51 a
6	25.71 a	6.21 a	15.52 a	12.17 a	70.13 d
7	23.26 b	4.29 b	14.21 b	9.37 b	69.91 b
ESx	0.20***	0.12***	0.16***	0.18***	0.75***

Medias con letras comunes no difieren significativamente para $p < 0.01$

- **Influencia sobre la calidad interna de los frutos.**

La Tabla 7 muestra los resultados bromatológicos realizados a los frutos. Como puede ser apreciado, se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos comparados, correspondientes a dosis de nitrógeno de 150, 90 y 0 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ respectivamente; no

obstante, entre el tratamiento de la Norma Técnica y la variante con biofertilizantes (90 kg. N.ha⁻¹) a pesar de que no difieren, se observa una ligera tendencia a la disminución de la acidez de los frutos así como al incremento de los sólidos solubles totales y del porcentaje de materia seca, por lo cuál, como alternativa nutricional para disminuir los contenidos de nitratos en los frutos, se hace aconsejable la utilización de la dosis de 90 kg. N/ha, además que las tendencias existentes con vista a la calidad interna de los frutos, hacen que estos aspectos sean importantes al valorarse esta variedad para consumo fresco.

Tabla 7. Calidad interna de los frutos.

Tratamientos	Acidez (%)	Brix (%)	Materia seca (%)
Testigo de Producción (150 kg N.ha ⁻¹)	0.48 a	4.46 a	5.51 a
<i>Azospirillum brasilense</i> + <i>Glomus clarum</i> + 90 kg N.ha ⁻¹	0.45 a	5.12 a	5.94 a
Testigo absoluto (0 N.ha ⁻¹)	0.38 b	3.07 b	4.23 b
ESx	0.03***	1.09***	0.69***

Medias con letras comunes no difieren significativamente para p<0.001

Del presente estudio se reafirma la posibilidad de utilización de algunos microorganismos que en su acción como biofertilizantes con un correcto uso y manejo, permiten disminuir el consumo de fertilizantes minerales sin producirse afectaciones en el sistema, dado que se logra una alta eficiencia agronómica del mismo; por lo cuál, la variante presentada, puede constituir una alternativa sumamente promisoría para los sistemas de producción agrícola sostenibles.

BIBLIOGRAFÍA

- Fernández, F et al. The effect of commercial arbuscular mycorrhizal fungi (AFM) inoculants on rice (*Oriza sativa*) in different types of soils. *Cultivos Tropicales*. 18(1):5-9. 1997
- Hernández, A et al. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. La Habana. Cuba. 1999
- Nuez, F. El cultivo del tomate. Ed. Mundi-Prensa. Barcelona-Mexico. 1995
- Thomson, E.T; Manian, S y Udaiyan, K. Effect of interactions of tree growth-promoting microorganisms on VAM colonization, spore density, plant growth and nutrient accumulation in tomato (*Lycopersicon esculentum*) seedlings. *Pertanika-Journal of Tropical Agriculture Science*. 18(3):187-199. 1995.